

Пермский государственный национальный исследовательский университет
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Институт географии РАН
Институт экологии растений и животных УрО РАН



Динамика экосистем в голоцене

Материалы VII Всероссийской научной конференции с
международным участием

20-24 октября 2025 года



Пермь, 2025

ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЭВОЛЮЦИИ ИМ. А.Н. СЕВЕРЦОВА РАН
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РАН
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРО РАН



Динамика экосистем в голоцене

Материалы VII Всероссийской научной конференции
с международным участием
20-24 октября 2025 года

Пермь 2025

PERM STATE UNIVERSITY
A.N. SEVERTSOV'S INSTITUTE OF ECOLOGY AND EVOLUTION RAS
INSTITUTE OF GEOGRAPHY RAS
INSTITUTE OF PLANT AND ANIMAL ECOLOGY UB RAS



Dynamics of ecosystems in the Holocene

Proceedings of the VII All-Russian scientific conference with
international participation (October 20–24, 2025)

Perm 2025

УДК [56(29):551.79](470+571)(063)
ББК 26.339(2Рос)я431
Д46

- Д46 Динамика экосистем в голоцене = Dynamics of ecosystems in the Holocene : [электронный ресурс] : материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием (г. Пермь, ПГНИУ, 20-25 октября 2025 г.) / отв. ред. С. В. Копытов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. - Пермь, Тов-во научн. изданий КМК., 2025. - 482 с. - Данные тит. л. парал. англ. - ISBN 978-5-908015-30-1
I. Копытов, С. В., ред

В сборнике представлены материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием «Динамика экосистем в голоцене», которая состоялась 20-24 октября 2025 года в Пермском государственном национальном исследовательском университете. Тематика работ охватывает широкий круг вопросов: историю экосистем Арктики, Субарктики, высокогорий, лесной зоны Евразии, аридных территорий, морские, океанические и прибрежные экосистемы в голоцене, разноранговые климатические изменения голоцена, экстремальные явления и антропогенные факторы в истории экосистем, историю природопользования, инновационные методы и подходы в изучении палеогеографии голоцена.

УДК [56(29):551.79](470+571)(063)
ББК 26.339(2Рос)я431

Издаётся по решению оргкомитета конференции

Издание осуществлено при поддержке фонда Потанина

Ответственный редактор:
С.В. Копытов

Редакционная коллегия:
А.Б. Савинецкий, Н.Е. Зарецкая, О.А. Крылович, Б.Ф. Хасанов, П.Ю. Санников

Рецензенты: д-р биол. наук, зав. кабинетом палеорнитологии Палеонтологического института им. А.А. Борисяка РАН **Н.В. Зеленков**

канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов МГУ им. М.В. Ломоносова **В.Р. Беляев**

ISBN 978-5-908015-30-1

© ПГНИУ, 2025

UDC [56(29):551.79](470+571)(063)
BBC 26.339(2Рос)я431
D46

D46 **Dynamics** of ecosystems in the Holocene [Electronic resource]. Proceedings of the VII All-Russian Scientific Conference with International Participation, Perm, October 20-24, 2025 / by ed. S.V. Kopytov, Perm State University. - Perm, KMK Scientific Press, 2025, – 482 p. Electronic Data. – Perm, – 17,5 Mb ;. – Access mode: <https://sev-in.ru/DynamicsofecosystemsinttheHolocene>

ISBN 978-5-908015-30-1

This collection presents the proceedings of the VII All-Russian Scientific Conference with International Participation, «Dynamics of ecosystems in the Holocene», which took place from October 20th to 24th, 2025 at Perm State University. The conference focused on topics such as the history of Arctic and Subarctic ecosystems, highland, Eurasian forest zones, arid regions, marine, oceanic and coastal ecosystems during the Holocene, diverse climate changes, extreme events, anthropogenic factors, and the history of natural resource management. Additionally, the conference discussed innovative methods and approaches to the study of Holocene paleogeography.

UDC [56(29):551.79](470+571)(063)
BBC 26.339(2Рос)я431

It is published by the decision of the organizing committee of the conference

The publication was supported by the Potanin foundation

Editor-in-Chief:
S.V. Kopytov

Editorial board:
A.B. Savinetsky, N.E. Zaretskaya, O.A. Krylovich, B.F. Khasanov, P.Yu. Sannikov

Рецензенты: Head of the Paleoornithology Department, A.A. Borisiak's Paleontological Institute RAS, Doctor of Biological Sciences, **N.V. Zelenkov**

Leading Researcher at the Research Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes, Lomonosov Moscow State University, Candidate of Geographical Sciences, **V.R. Belyaev**

ISBN 978-5-908015-30-1

© PSU, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

А.О. Аксенов, Л.А. Савельева, Н.А. Костромина, А.П. Фоменко, А.Н. Суворова НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАЗРЕЗАХ ПОЗДНЕНЕОПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЮЖНОМ ПРИЛАДОЖЬЕ	13
К.В. Акулинина, А. Арсак РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛЕТНИХ ТЕМПЕРАТУР НА СЕВЕРЕ РОССИИ ПО ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ	17
А.А. Алейников ТРАДИЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ PINUS SIBIRICA (DU TOUR): ОТ АРХИВНЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ К ПРИРОДООХРАННЫМ ВЫВОДАМ	21
М.Ю. Александрин ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНАЯ СЪЕМКА ДОННЫХ ОСАДКОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ – НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ХОРЛАКЕЛЬ (ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)	25
В.Э. Алексутин, А.А. Алейников, А.Н. Гуня ДИНАМИКА ЛЕСНОГО ПОКРОВА В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ КОЛВЫ (СЕВЕРНОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ) В XX ВЕКЕ	28
Р.А. Андреев, Е.А. Константинов, Л.В. Шашерина, Н.В. Кузьменкова ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СКОРОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ОЗЕРА КАСПЯ (СМОЛЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ) В ГОЛОЦЕНЕ	33
Н.В. Анисимов РЕКОНСТРУКЦИЯ ВЕРХНЕСУХОНСКОГО (КУБЕНСКО-СУХОНСКОЕ) ПАЛЕООЗЕРА С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РУБЕЖЕ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА (14000-9000 ЛЕТ НАЗАД)	36
Н.Б. Афанасьева ИСТОРИЯ МЕСТООБИТАНИЙ ЕЛЬНИКОВ АГРОБИОСТАНЦИИ «ЧАШНИКОВО» (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	40
К.В. Бабешко, Н.Г. Мазей, А.Н. Цыганов, Е.Д. Лапшина, Е.А. Заров, С.Ю. Юшковец, В.А. Чернышов, Ю.А. Мазей ЗАЛЕСЕНИЕ ТОРФЯНИКОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: КРАТКОСРОЧНЫЕ И ДОЛГОСРОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТОРФЯНОГО БОЛОТА МУХРИНО	43
А.С. Балыбина, И.Е. Трофимова СРАВНИТЕЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕГО СОСТОЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЧВ РАВНИННЫХ И ОСТРОВНЫХ ЛЕСОСТЕПЕЙ И СТЕПЕЙ ЮГА СИБИРИ	46
Д.В. Баранов, А.В. Панин, Н.Е. Зарецкая, А.С. Сыроватко ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОРЕЛЬЕФА АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА СОКОЛОВА ПУСТЫНЬ	50
В.А. Баталова, Е.М. Орлова, М.Л. Перескоков, П.Ю. Санников, Л.С. Шумиловских КРАТКИЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЛЕКСНЫХ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОЛОЦЕНА СРЕДНЕКАМЬЯ	52
О.П. Бачура, П.А. Косинцев РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛОСЯ (ALCES SP.) В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В ГОЛОЦЕНЕ	55
Н.А. Белкина, М.С. Потахин РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОСИСТЕМЫ ВЫГОЗЕРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	60
П.С. Белянин ЭВОЛЮЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИХАНКАЙСКОЙ ВПАДИНЫ (ЮГ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ) В СРЕДНЕМ–ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ	64
О.К. Борисова, Н.Н. Нарышкина ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ	68
Т.Ю. Браславская ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ XIX В. В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ (НА ПРИМЕРЕ ЗВЕНИГОРОДСКОЙ БИОСТАНЦИИ МГУ)	72

О.Г. Булзу, А.А. Гурина, Р.Ю. Дудко, А.А. Легалов ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВОМУ ЭНТОМОКОМПЛЕКСУ НА РЕКЕ ЧАРА (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ).....	75
В.В. Бурова, О.А. Крылович КОСТНЫЕ ОСТАТКИ ТЮЛЕНЕЙ РОДА РНОСА ИЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА KIS-008 (О. БУЛДЫРЬ, АЛЕУТСКИЕ О-ВА).....	79
Л.А. Вакалюк, Б.Ф. Хасанов КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАННЕЙ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (QUERCUS ROBUR L.) КАК ИНДИКАТОР ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОБЫТИЙ.....	84
Ф.К. Возьмитель, А.А. Алейников, А.М. Крышень 600-ЛЕТНЯЯ ИСТОРИЯ ПОЖАРОВ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ПРЕДГОРНОГО УЧАСТКА ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА.....	89
Т.Ю. Газизова, Н.Ю. Корнеевкова, Т.В. Сапелко ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ ОЗЕРА СОККАСЕНЛАМПИ (ОСТРОВ ЛУНКУЛАНСААРИ, ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО) ПО ДАННЫМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО И БОТАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ	93
А.Т. Галимов СРАВНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ МЕТОДА КОНЦЕНТРАЦИЙ В ПАЛИНОЛОГИИ.....	98
С.Н. Гашев ИСКОПАЕМЫЕ И ПОЛУИСКОПАЕМЫЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	101
А.П. Гинзбург, А.В. Лупачев ОТРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОДЕНУДАЦИИ В ГОЛОЦЕНЕ В СОВРЕМЕННОМ СТРОЕНИИ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ И СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КРИОЛИТОЗОНЫ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	107
З.П. Головкова, Ф.Г. Курбанова РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО И БРОНЗОВОГО ВЕКОВ ЦЕНТРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ НА ОСНОВЕ ПАЛЕОПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	110
А.А. Гольева, А.Э. Сверчкова СПЕЦИФИКА СИНХРОННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ИХ ОТРАЖЕНИЕ В ПОЧВАХ (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ ПОД КУРГАНАМИ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)	114
А.А. Гольева, А.В. Лудикова, А.В. Панин РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПРИАРАЛЬЯ (УРОЧИЩЕ БОЗКЁЛЬ, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН).....	118
А.В. Гренадерова, Д.А. Кузнецова, Г.Е. Пономарев ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЖАРНЫЙ РЕЖИМ ГОЛОЦЕНА В НИЗКОГОРЬЕ ВОСТОЧНОГО САЯНА (ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ БОЛОТА БОЛЬШОЙ ИНЖУЛ).....	122
Т.В. Дымова СОСТОЯНИЕ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕРЕВЫПАСА.....	126
К.В. Дюжова ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАСЕЙНА НИЖНЕГО ДОНА В БРОНЗОВОМ ВЕКЕ ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ	130
Е.И. Ергина., В.О. Смирнов, М.Л. Новицкий, Е.А. Артемова СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСТИРРИГАЦИОННЫХ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ РАВНИННОГО КРЫМА.....	134
Е.В. Жангуров, Е.В. Шамрикова, А.А. Гольева, М.А. Королёв, А.Н. Панюков ПАЛЕОПИРОГЕННЫЕ ПОЧВЫ ПОЛЯРНОГО УРАЛА: ГЕНЕЗИС, ЭВОЛЮЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ	138
Н.Е. Зарецкая, С.В. Копытов, Д.В. Баранов, А.В. Чернов, Е.Л. Лычагина РЕКА ВИШЕРА (ПЕРМСКОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ) В КОНЦЕ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНЕ: РАЗВИТИЕ РЕЧНОЙ ДОЛИНЫ В КОНТЕКСТЕ ЕЁ ЗАСЕЛЕНИЯ ДРЕВНИМ ЧЕЛОВЕКОМ.....	143

А.В. Зиновьев СУДЬБА ОРЛА ХААСТА: АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ И ВЫМИРАНИЕ В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ.....	146
И.С. Зюганова ГОЛОЦЕНОВЫЕ КАРПОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ БАССЕЙНА ПОДКАМЕННОЙ ТУНГУСКИ	149
Е.П. Изварин, Н.Г. Смирнов, Ю.Э. Кропачева, А.И. Улитко, М.Ю. Шершнева, А.В. Хлопотова ГРОТ УСТЬ-ДЕМИД – НОВОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВОЙ ФАУНЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПОДТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ ЗАПАДНОГО СКЛОНА СРЕДНЕГО УРАЛА	153
М.Н. Казанцева ВЕРНЕТСЯ ЛИ ДУБ ЧЕРЕШЧАТЫЙ (QUERCUS ROBUR L.) В ЗАПАДНУЮ СИБИРЬ?	157
Л.В. Карпенко РЕКОНСТРУКЦИЯ СУКЦЕССИЙ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ	162
Т.С. Ключиткина, Е.А. Новичкова, Е.А. Агафонова, Л.А. Лозинская, А.Г. Матуль, М.П. Чеховская, Р. Мохан ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НОРВЕЖСКОГО МОРЯ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	166
Н.О. Ковалева ДИНАМИКА ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ В ГОЛОЦЕНЕ	171
К.Ю. Коновалова КРУПНЫЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ПРИКАМЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ	173
Ю.М. Кононов, О.С. Хохлова, С.Н. Тимирева, С.А. Сычева, А.Н. Симакова ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА СЕВЕРЕ МОНГОЛЬСКОГО НАГОРЬЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ, РЕКОНСТРУИРОВАННЫЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЕССОВО-ПОЧВЕННОГО РАЗРЕЗА ШААМАР..	178
Е.А. Константинов, А.И. Рудинская, А.А. Чепурная, А.Л. Захаров ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ЛАНДШАФТНАЯ ИСТОРИЯ ДОЛИНЫ СРЕДНЕГО ДОНА В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ	183
Е.А. Кошелева ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ В РАННЕМ ГОЛОЦЕНЕ.....	185
О.А. Крылович, А.Б. Савинецкий, А.Б. Савинецкий РАЗМЕРЫ МОРСКИХ ЕЖЕЙ АЛЕУТСКИХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ (ПО АРХЕОЗООЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ) ..	190
Е.Д. Кряжевских, Е.В. Зиновьев ДИНАМИКА ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ ДОЛИНЫ РЕКИ ГЛУБОКИЙ САБУН (ХМАО-ЮГРА, НИЖНЕВАРТОВСКИЙ Р-Н) В СРЕДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ – ГОЛОЦЕНЕ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ "ЗЕЛЕНЫЙ ОСТРОВ"	194
Ю.А. Кублицкий, А.Е. Шаталова, М.Ю. Демидионов, Д.А. Субетто ИЗМЕНЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ ВОДОЕМОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО БАССЕЙНА (ФИНСКИЙ ЗАЛИВ И ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО) В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ	198
Д.Д. Кузнецов, А.В. Лудикова, Д.А. Субетто ГОЛОЦЕНОВОЕ НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ОТЛОЖЕНИЯХ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И ПРИЧИНЫ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВОГО МИНИМУМА	202
Е.А. Кузьмина, Н.Г. Смирнов, Н.Г. Ерохин, А.И. Улитко, П.А. Косинцев СИНАНТРОПНЫЕ ГРЫЗУНЫ ИЗ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ.....	204

Е.А. Кузьмина, А.И. Улитко, Е.П. Изварин, М.С. Тарасова, Е.В. Зиновьев БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ И ПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ СОВРЕМЕННЫХ СТЕПНЫХ РАЙОНОВ ПРИУРАЛЬЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА.....	208
Е.А. Кузьмичева, О.И. Смышляева СОВРЕМЕННЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ (ОСТРОВ БЕРИНГА).....	212
Д.А. Куприянов, Е.Ю. Новенко РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИИ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ПАЛЕОАНТРАКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	216
Л.И. Лазукова, О.А. Дружинина ПАЛЕОАНТРАКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ РУБЕЖА ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА.....	220
Е.Г. Лаптева, Н.Е. Зарецкая, С.В. Копытов, Д.А. Демаков, Е.Л. Лычагина ДИНАМИКА ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ДОЛИНЫ РЕКИ ВИШЕРА (СЕВЕРНОЕ ПРИКАМЬЕ) В ГОЛОЦЕНЕ	222
Е.Г. Лаптева, О.М. Корона ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ МАЛОЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ В ГОЛОЦЕНЕ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ТОРФЯНИКОВ	225
Д.Н. Левкова, Т.В. Сапелко, Т.Ю. Репкина, Ю.А. Кублицкий, П.А. Леонтьев ГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ О.ЖИЖГИН В БЕЛОМ МОРЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. ВОДОНОСНОГО.....	228
А.В. Лудикова, Д.Д. Кузнецов, Д.А. Субетто, П.А. Леонтьев РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЕ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ-ГОЛОЦЕНЕ	233
М.С. Лукьянычева, О.Н. Соломина КОЛЕБАНИЯ ЛЕДНИКОВ ЕВРАЗИИ В ГОЛОЦЕНЕ НА ОСНОВЕ 10ВЕ ДАТИРОВОК МОРЕН.....	236
А.В. Лупачев, А.П. Гинзбург ПОЧВЕННО-МЕРЗЛОТНЫЙ КОМПЛЕКС – ОТРАЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОЛОЦЕНЕ	241
М.С. Лящевская, В.Б. Базарова, М.А. Климин, Е.Н. Захарченко, Т.Р. Макарова РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЗАЛИВА НЕРПИЧИЙ В ГОЛОЦЕНЕ	243
Н.Г. Мазей, Е.А. Макарова, Е.Ю. Новенко СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В РАЗНЫХ ТИПАХ ТОРФА БОЛОТ МОРДОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА.....	248
Е.А. Макарова, Н.Г. Мазей, Е.Ю. Новенко ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ПЛАТО ПУТОРАНА В ГОЛОЦЕНЕ.....	251
М.П. Маслинцына, Т.В. Лобанова СЕРЫЙ ГУСЬ (ANSER ANSER) ИЗ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ СРЕДНЕВЕКОВОГО ПАМЯТНИКА ШЕРКАЛЫ-1 (ХМАО).....	255
А.Г. Матуль, Е.А. Новичкова, М.П. Чеховская, Л.А. Лозинская ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПОСЛЕДНЕГО (МИКУЛИНСКОГО) МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ И ГОЛОЦЕНА В НОРВЕЖСКОМ МОРЕ	260
А.Б. Михайлова, А.В. Гренадерова ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОЛОЦЕНА КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ	263
Н.В. Мокиевский, А.О. Макеев, А.В. Русаков, М.П. Лебедева, Л.С. Фролова ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ МАТРИЦА ПОЛНОГОЛОЦЕНОВЫХ ПОЧВ НА ПОКРОВНОМ СУГЛИНКЕ БОРИСОГЛЕБСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ.....	266
Н.Н. Назаров СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭСТУАРНО-ДЕЛЬТОВЫХ СИСТЕМ	268
Е.Н. Наквасина, А.В. Козыкин ИСТОРИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ В ПОСТАГРОГЕНЕЗЕ (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КЕНОЗЕРСКИЙ») ...	273

Г.В. Нестерук РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТА РАННЕЙ-СРЕДНЕЙ БРОНЗЫ НА ОСНОВАНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ КАМЕНСКОГО РАЙОНА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	277
Е.Ю. Новенко ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ВОЗМОЖНОЙ ДИНАМИКИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА	282
М.Б. Носова, Н.Г. Лавренев, Е.Э. Северова, А.Л. Захаров, Н.Е. Зарецкая, Л.В. Шашерина, Э.П. Зазовская, С.М. Ваганова, Е.А. Константинов КРАЕВАЯ ЗОНА ВАЛДАЙСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ В ГОЛОЦЕНЕ. ЛАНДШАФТ, КЛИМАТ, ЧЕЛОВЕК	287
М.Б. Носова, Е.Э. Северова, Н.Е. Зарецкая, С.М. Ваганова ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВАЛДАЙСКОГО ПООЗЕРЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ	291
Е.А. Овсепян, Е.В. Дорохова, Я.С. Овсепян, Р.А. Алиев, Я.К. Джин МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕНОСА ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЕ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ И ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ	294
Я.С. Овсепян, Е.Е. Талденкова, Н.О. Митрофанова, В.В. Смирнова ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОСРЕДЫ В ГОЛОЦЕНОВЫХ И ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ КОЛОНКАХ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ	298
О.М. Пахомова РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ КАМЫ НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА ЧУС (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПОРОВО-ПЫЛЦЕВОГО АНАЛИЗА)	301
В.Е. Пименов, Н.Г. Мазей, А.Н. Цыганов, Ю.А. Мазей СУБРЕЦЕНТНЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ	305
Н.А. Пластеева, В.В. Гасилин, П.А. Косинцев КУЛАН – ИСЧЕЗНУВШИЙ ВИД ЕВРАЗИЙСКИХ СТЕПЕЙ	307
А.С. Прокушкин КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАДИЕНТЫ СОСТАВА СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ $\delta^{13}\text{C}$ И $\delta^{15}\text{N}$ РАСТЕНИЙ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ	310
А.В. Пронина, П.А. Рязанцев, Н.А. Белкина МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОРАДАРНЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ПОЛЕВСКОЕ (ЗАОНЕЖСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)	313
Н.Г. Разжигаева, Л.А. Ганзей, Т.А. Гребенникова, В.И. Пономарев, В.В. Афанасьев, А.О. Горбунов, М.А. Климин ЗАПИСЬ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НАВОДНЕНИЙ НА ЮЖНОМ САХАЛИНЕ В СРЕДНЕМ-ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ЦИКЛОГЕНЕЗА	318
Т.Ю. Репкина, Е.Д. Вяткин, А.К. Крехов, Ю.А. Кублицкий, П.А. Леонтьев, А.В. Орлов, Е.А. Вахрамеева, М.А. Комагорова, Г.Н. Лосюк, М.А. Тарасова, О.С. Шилова, К.С. Якимова ЭОЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЕ В ГОЛОЦЕНЕ (КАНИНСКИЙ БЕРЕГ)	323
Р.А. Решетникова, Н.О. Ковалева ДИНАМИКА УРБОЭКОСИСТЕМ ПОВОЛЖЬЯ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ	328
О.В. Руденко, Е.Ю. Новенко, А.А. Чепурная, Л.В. Кривобоков СУБРЕЦЕНТНЫЕ ПАЛИНОСПЕКТРЫ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ КАК ОСНОВА ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ	333

А.И. Рудинская, Е.А. Константинов ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ОБ УСЛОВИЯХ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПЛЕЩЕЕВОМ ОЗЕРЕ (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ) В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ	338
А.В. Русаков, Д.А. Шибанова, А.О. Макеев ФИНАЛЬНЫЙ ЭТАП ЭОЛОВОГО НАКОПЛЕНИЯ В БАССЕЙНЕ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ШЕКСНЫ И ЕГО ОТРАЖЕНИЕ В СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПОЧВ	341
А.Е. Рыбалко, Д.А. Субетто, Н.А. Белкина, В.Д. Страховенко, Л.А. Савельева, А.О. Аксенов, А.В. Орлов, Ю.А. Кублицкий ОСОБЕННОСТИ СМЕНЫ ПРИЛЕДНИКОВОГО ЭТАПА ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ОЗЕРНЫХ И ВНУТРЕННИХ МОРЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ	346
А.Б. Савинецкий, О.А. Крылович МЕДУЛЛЯРНАЯ КОСТЬ У ПТИЦ ИЗ АРХЕОЗООЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА (НА ПРИМЕРЕ ПАМЯТНИКА НА О. БУЛДЫРЬ, АЛЕУТСКИЕ ОСТРОВА)	350
А.А. Самаркина ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОЗЕРА НОВОЖИЛОВО НА ОСНОВЕ ХИРОНОМИДНОГО АНАЛИЗА	354
И.А. Самофалова ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ, ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ГОРНЫХ ПОЧВАХ СРЕДНЕГО УРАЛА	356
С.В. Самсонов, С.В. Фомин, О.А. Крылович, А.В. Пантелеев, А.Б. Савинецкий ИЗОТОПНАЯ НИША БЕРИНГОВА БАКЛАНА (URILE PELAGICUS) В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА	361
П.Ю. Санников, Е.А. Новикова, Л.С. Шумиловских, С.В. Копытов БАЗА ДАННЫХ ПАЛЕОАРХИВОВ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ – ПАЛЕОЕРМ: ОБНОВЛЕННАЯ СВОДКА	365
Т.В. Сапелко, М.А. Науменко ГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕР НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	368
А.Э. Сверчкова, О.С. Хохлова МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ И МАТЕРИАЛОВ КУРГАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КУРГАНА ДЕГУАКО-3, РЕСПУБЛИКА АДЫГЕЯ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)	373
Н.В. Сердюк, И.В. Головачев ФАУНА ИСКОПАЕМЫХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ БАСКУНЧАКСКОЙ ПЕЩЕРЫ (АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	377
О.С. Сизов РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЯ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ	381
Ю.В. Симонова, А.В. Русаков ГИПСОНОСНЫЕ ПОЧВЫ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ВАРНИЦЫ» (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ): ДИНАМИКА ЗАСОЛЕНИЯ	386
В.В. Смирнова, Я.С. Овсепян, Е.Е. Талденкова РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФАУНЫ ФОРАМИНИФЕР В МОРЯХ КАРСКОМ И ЛАПТЕВЫХ, В АКВАТОРИИ АРХИПЕЛАГА СЕВЕРНАЯ ЗЕМЛЯ	390
О.Н. Соломина КОЛЕБАНИЯ ЛЕДНИКОВ НА КАВКАЗЕ И В АЛПАХ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ «ГОЛОВОЛОМКА» ГОЛОЦЕНА	393
А.В. Соромотин, О.С. Сизов, С.А. Лоботросова, Е.В. Абакумов, Н.М. Приходько, Я.В. Кузяков ЦИКЛИЧЕСКИЕ И ЛИНЕЙНЫЕ СУКЦЕССИИ НА ПЕСЧАНЫХ ДЮНАХ АРКТИКИ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ	397
Д.А. Субетто, В.Д. Страховенко, А.Е. Рыбалко, Н.А. Белкина, А.В. Орлов, Ю.А. Кублицкий ОЗЁРНОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ НА РУБЕЖЕ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА	401

А.Н. Суворова, Е.Д. Фомичева, Л.А. Савельева, З.В. Пушина, Г.Б. Федоров ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА В КОНЦЕ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И РАННЕМ ГОЛОЦЕНЕ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ КЕРНА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА КРАСНОЕ.....	406
М.С. Тарасова, О.П. Бачура, Т.В. Струкова, А.В. Бородин ГОЛОЦЕНОВАЯ ГЕРПЕТОФАУНА ИЗ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ЧЕРЕМУХОВО-1 НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ	410
Т.И. Тихонова, Т.А. Янина, А.А. Ткач ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ ПО МАЛАКОФАУНИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ С ПЛОЩАДЕЙ РАКУШЕЧНАЯ И ЮРИЯ КОРЧАГИНА	414
А.А. Ткач, Т.И. Тихонова, Н.Т. Ткач, В.М. Сорокин СРАВНЕНИЕ ЗАПИСИ $\delta^{18}\text{O}$ В БИОГЕННЫХ И ВАЛОВЫХ КАРБОНАТАХ ИЗ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДКОВ СРЕДНЕГО КАСПИЯ	418
Н.Т. Ткач, А.С. Тайманов, О.Я. Червяцова, Л.А. Пельгунова, А.А. Ткач СПЕЛЕОТЕМЫ ПАДОВСКОЙ ПЕЩЕРЫ (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ) КАК АРХИВ ДЛЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ.....	422
В.Ю. Украинцев, А.В. Чернов, М.А. Комагорова СТАДИИ РАЗВИТИЯ ДЕЛЬТЫ РЕКИ МСТЫ (НОВГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)	425
В.Ю. Украинцев, А.В. Панин ПАЛЕОРУСЛА КАК МАРКЕР КЛИМАТИЧЕСКИ- ОБУСЛОВЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЧНОГО СТОКА В БАССЕЙНЕ Р. ВОЛГИ	427
А.И. Улитко, Н.Г. Смирнов, Е.П. Изварин, М.С. Тарасова МЛЕКОПИТАЮЩИЕ, РЕПТИЛИИ И АМФИБИИ ИЗ СРЕДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГРОТА ОЛЕНИЙ В ДОЛИНЕ РЕКИ СЕРГИ (СРЕДНИЙ УРАЛ).....	429
Ю.А. Федоров, А.В. Михайленко, И.В. Доценко ВЫДЕЛЕНИЕ СЛОЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ГОЛОЦЕНА.....	433
Л.В. Филимонова, С.А. Кутенков ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ГОЛОЦЕНОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОСТРОВА БОЛЬШОЙ АЙНОВ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ), ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПОДНЯТИЕМ СУШИ И ВЛИЯНИЕМ МОРСКИХ ПТИЦ	437
А.П. Фоменко, Л.А. Савельева, А.О. Аксенов, В.Ю. Кузнецов РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАДИОУГЛЕРОДНОГО ДАТИРОВАНИЯ ОРГАНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ РАЗРЕЗА «ЛЕНЭНЕРГО» (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ПРИЛАДОЖЬЕ).....	441
Л.С. Фролова, А.О. Макеев, Н.В. Мокиевский, М.П. Лебедева ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ МАТРИЦА ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОГО И ГОЛОЦЕНОВОГО ПЕДОГЕНЕЗА ДНЕВНЫХ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ	444
Р.М. Хантемиров, Л.А. Горланова, В.В. Кукарских ЯМАЛЬСКАЯ СВЕРХДЛИТЕЛЬНАЯ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВАЯ ХРОНОЛОГИЯ: ОТ С.Г. ШИЯТОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ.....	446
Б.Ф. Хасанов, Л.А. Вакалюк, О.Л. Петров, Л.М. Шмелькова СКОРОСТЬ АККУМУЛЯЦИИ СУБФОССИЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДУБА В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ) КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЙ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ.....	451
О.С. Хохлова, А.Э. Сверчкова ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ И ХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИ ПАЛЕОПОЧВЕННОМ ИЗУЧЕНИИ КУРГАНОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ).....	456
Ю.Г. Чендев, М.А. Смирнова, А.Г. Нарожная, В.Г. Белеванцев НОВЫЕ УЧАСТКИ С АВТОМОРФНЫМИ НЕРАСПАХАННЫМИ ЧЕРНОЗЕМАМИ В СТАРООСВОЕННОЙ ЛЕСОСТЕПИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	461

А.В. Чернов, С.В. Копытов РЕКИ ЗАПАДНОГО СКЛОНА УРАЛА: ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ГОЛОЦЕНОВОЙ ЭВОЛЮЦИИ	465
А.Д. Чулей, Д.О. Садоков, Н.Г. Мазей, А.Н. Цыганов, Ю.А. Мазей РИЗОПОДНЫЙ АНАЛИЗ ДЕМОНИСТРИРУЕТ ТЕСНУЮ СВЯЗ МЕЖДУ РАЗВИТИЕМ ТОРФЯНИКОВ И КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В ГОЛОЦЕНЕ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ФЕННОСКАНДИИ: (ИССЛЕДОВАНИЕ БОЛОТА БЛИЗКОЕ, ЗАПОВЕДНИК КИВАЧ) ..	469
У.Ю. Шаврина, Л.Г. Колесниченко, Б.А. Михалейко, Н.А. Жабина ОЦЕНКА ПОСЛЕПОЖАРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПЛОСКОБУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	472
А.Е. Шатунов РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ ПОЖАРНЫХ СОБЫТИЙ НА СРЕДНЕСИБИРСКОМ ПЛАТО В ГОЛОЦЕНЕ.....	475
Т.С. Шелехова, Н.Б. Лаврова ФАЦИАЛЬНЫЕ И ПРИРОДНЫЕ ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ДВУХ МАЛЫХ ОЗЕРАХ КАРЕЛЬСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ	479

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАЗРЕЗАХ ПОЗДНЕНЕОПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЮЖНОМ ПРИЛАДОЖЬЕ

В работе представлены новые материалы, полученные в ходе учебно-исследовательских практик кафедры геоморфологии Санкт-Петербургского государственного университета в южном Приладожье. В 2024 и 2025 гг. были изучены разрезы поздненеоплейстоцен-голоценовых отложений, вскрытые в обнажениях рек Оять и Паша. Было выполнено описание разрезов, произведен отбор образцов на радиоуглеродное и ОСЛ-датирование, а также на спорово-пыльцевой и диатомовый анализы. Предварительные результаты позволяют уточнить имеющиеся представления об истории развития исследуемого региона в поздне- и послеледниковые.

Ключевые слова: Ладожское озеро, реки Оять и Паша, послеледниковая эпоха, радиоуглеродное датирование, ОСЛ-датирование, спорово-пыльцевой анализ, диатомовый анализ

A.O. Aksenov^{1, 2, 3}, L.A. Savelieva¹, N.A. Kostromina^{1, 4}, A.P. Fomenko^{1, 2}, A.N. Suvorova^{1, 2}

¹*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

²*A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russia*

³*Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russia*

⁴*VNIIOkeangeologia, Saint-Petersburg, Russia*

⁵*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia*

aksenov2801@gmail.com

NEW DATA ON THE LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE DEPOSITS SECTIONS IN THE SOUTHERN LADOGA REGION

This study presents new data obtained during field-based research training conducted by the Department of Geomorphology at Saint Petersburg State University in the southern Ladoga Region. In 2024 and 2025, the Late Pleistocene and Holocene sedimentary sequences exposed along the Oyat and Pasha rivers were investigated. Detailed lithological descriptions of the sections were carried out, and samples were collected for radiocarbon and optically stimulated luminescence (OSL) dating, as well as for palynological and diatom analyses. The preliminary results contribute to refining current understanding of the postglacial environmental history of the study area.

Keywords: Lake Ladoga, Oyat River, Pasha River, the Postglacial, radiocarbon dating, OSL dating, spore-pollen analysis, diatom analysis

Южное побережье Ладожского озера представляет собой пологую озерную равнину, сформировавшуюся в результате позднеголоценовой Ладожской трансгрессии [5]. В результате подъема уровня воды в погребенном состоянии оказались слои органогенных отложений (торфа, гиттии), которые представляют особый интерес для палеогеографических исследований. В ходе практик по четвертичной геологии и геоморфологии студентов кафедры геоморфологии СПбГУ были детально исследованы несколько разрезов, в которых

обнажаются эти толщи. В данной работе представлены предварительные результаты исследований.

В долинах рек Паша и Оять были изучены разрезы, в которых вскрыты относительно мощные толщи органогенных отложений, перекрывающиеся и подстилающиеся минеральными осадками: «Рыбежно-2024», «Рыбежно-2025», «Ленэнерго-2024» и «Мыза Ускулова-2025». Нами было выполнено их описание, а также отобраны образцы на радиоуглеродное и ОСЛ-датирование, диатомовый и спорово-пыльцевой анализы. К настоящему времени получено несколько радиоуглеродных датировок, а также проанализированы несколько образцов на содержание пыльцы и спор. Радиоуглеродное датирование и спорово-пыльцевой анализ выполнены в Лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана Института наук о Земле СПбГУ [1]. Значения календарного возраста приведены в тексте на основании калибровочной программы «OxCal 4.4.4» (калибровочная кривая «IntCal 20») [10].

Обнажение «Рыбежно-2024» расположено на правом берегу реки Паша, в 500 м ниже по течению от деревни Рыбежно, в эрозионном уступе относительной высотой 8-9 м. Ранее в долине реки Паши исследовано несколько обнажений, в которых был обнаружен погребенный торф. Г.Н. Лисицыной спорово-пыльцевым методом изучено несколько расчисток, в которых слои торфа представлены мощностью от 0,3 до 1,5 м [3]. Установлено, что накопление этих толщ происходило в фазу «верхнего максимума эли», то есть в субатлантическом периоде. Позднее другими исследователями также встречены маломощные слои торфа, для которых получен возраст 4490 ± 40 ^{14}C л.н. (Ле-6883) [7], 4360 ± 50 ^{14}C л.н. (ЛУ-2059) и 4570 ± 60 ^{14}C л.н. (ЛУ-2051) [2]. Особый интерес представляет археологическая стоянка Усть-Рыбежна 1, в которой погребенный культурный слой залегает между двумя пачками бассейновых отложений. Спорово-пыльцевые данные показали атлантический возраст формирования этой стоянки [3].

Разрез «Рыбежно-2024», по строению схож с разрезом, исследованным Е.Г. Шеффером [6]. В верхней его части вскрыты мелкозернистые пески мощностью 4-5 м с неявными горизонтальной и волнистой слоистостями. Вниз по разрезу в песках увеличивается количество алевроитистой составляющей и органики. Ниже залегают пески, переслаивающиеся с аллохтонным торфом. Общая мощность переслаивания составляет около 1-1,5 м. Мощность органогенных слоев увеличивается вниз по разрезу. Органо-минеральное переслаивание сменяется автохтонным торфом мощностью около 0,7 м, в верхней части которого наблюдаются линзы и прослои песка. Торф с размывом залегает на песчаной толще с линзами глинистого материала.

В 2025 в 200 м от описанного выше обнажения был вскрыт новый разрез «Рыбежно-2025». Основным его отличием является отсутствие органо-минерального переслаивания. Между двумя пачками песков залегает слой автохтонного торфа мощностью 1,05 м. На данный момент аналитические исследования по разрезам группы «Рыбежно» продолжаются. Исходя из материалов предыдущих исследований [2; 3; 7], предполагается, что погребенные торфа сформировались в суббореальное или атлантическое время, перед позднеголоценовой трансгрессией.

Обнажение «Ленэнерго» находится на левом берегу реки Оять, близ деревни Оятский Участок. Геоморфологическая позиция весьма схожа с разрезами «Рыбежно», однако здесь наблюдается несколько иное строение отложений. Этот разрез изучался неоднократно, и основной его особенностью является довольно сильная латеральная изменчивость толщи органогенных отложений, представленных гиттией и торфом. Результаты предыдущих исследований дают весьма противоречивые данные о последовательности этих слоев и их возрасте [3, 4, 8, 9]. В связи с этим в 2024 году нами было повторно исследовано это обнажение и заложен новый разрез «Ленэнерго-2024». В верхней его части наблюдаются сменяющие друг друга пески с троговой слоистостью, косослоистые, субгоризонтально-слоистые и волнисто-слоистые пески. По детриту из горизонтально-слоистых песков получен возраст 3700 ± 90 ^{14}C л.н. (ЛУ-11734). Предполагается, что эта пачка сформировалась

во время максимальной стадии Ладожской трансгрессии. Ниже залегает толща алевро-песчаного переслаивания, обогащенная органикой (детрит, обломки древесины). Вниз по разрезу слойки алевролита замещаются детритом и аллохтонным торфом. В подошве слоя залегает горизонт, сложенный обломками древесины. Ниже с размывом наблюдается органогенная толща, сложенная чередованием гиттия-торф-гиттия-торф. По отложениям из кровли органогенной толщи разреза «Ленэнерго-2024» получен возраст 4340 ± 80 ^{14}C л.н. (ЛУ-11733), а по подошве – 8530 ± 120 ^{14}C л.н. (ЛУ-11732) Таким образом, эта толща накапливалась в течение бореального-суббореального периодов. Результаты спорово-пыльцевого и диатомового анализов позволяют более точно охарактеризовать время и условия осадконакопления этой толщи.

Под органогенной толщей фиксируются пески с троговой, перекрестной и косоволнистой слоистостями. В прикровельной части пачки наблюдается деформированный горизонт с криотурбациями. В косоволнистых песках встречен прослой детрита, который был отобран на радиоуглеродное датирование и спорово-пыльцевой анализ. Его возраст составил 11030 ± 200 ^{14}C л.н. (ЛУ-11735). Состав спорово-пыльцевого спектра образца из прослоя детрита показал преобладание пыльцы *Poaceae* и *Betula nana*. Кроме этого обнаружены споры грибов рода *Glomus*, которые могут указывать на развитие нарушенного почвенного покрова. Таким образом, можно предположить, что нижняя пачка песков в разрезе «Ленэнерго-2024» образовалась в аллереде.

Новый разрез с погребенными органогенными отложениями был обнаружен в 1 км от обнажения «Ленэнерго» выше по течению реки Оять, в районе бывшей мызы Ускулова. Разрез «Мыза Ускулова-2025» расположен на левом берегу реки в эрозионном уступе высотой 6-7 м. В нем обнажается пачка песков, схожих по строению с песками, вскрытыми в обнажении «Ленэнерго», с криогенными деформациями типа псевдоморфоз по повторно-жильным льдам и следов шпиров. Двигаясь ниже по течению, к этой толще прилегает пачка сложного строения. В верхней части она представлена слоистыми глинами. Вниз по разрезу глины согласно переходят в толщу органо-минерального переслаивания, в которой чередуются прослой песка, алевролита, детрита, аллохтонного торфа и древесины. Они перекрывают 1,5-метровую толщу плотной монотонной гиттии, которая в свою очередь подстилается песками и глинами с обломками древесины. На данный момент лабораторные исследования образцов, полученных из этого разреза, еще выполняются. Основываясь на представлениях о развитии южного Приладожья в послеледниковье, можно предположить, что криогенно деформированные пески синхронны по возрасту с отложениями аллереда, вскрытыми в разрезе «Ленэнерго-2024». Прилегающие к ним органо-минеральные слои вероятно относятся ко времени Ладожской трансгрессии. Текстурные особенности осадконакопления схожи с обстановками устьевой седиментации.

Таким образом, нами изучены три разреза позднеплейстоцен-голоценовых отложений, имеющие весьма разнообразное строение. Результаты комплексных исследований позволят сравнить время и условия осадконакопления вскрытых отложений и уточнить фациальные обстановки южного Приладожья на разных этапах его эволюции. Авторы выражают благодарность студентам кафедры геоморфологии за помощь в работе на обнажениях.

Список литературы

1. Арсланов Х.А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. Л.: Издательство Ленинградского Государственного Университета, 1987. 300 с.
2. Арсланов Х.А., Делюсина И.В., Козырева М.Г., Кошечкин Б.И. Возраст береговых образований по радиоуглеродным и палинологическим данным // История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки. Л.: Наука, 1990. С. 26–33.

3. Лисицына Г.Н. Вопросы палеогеографии неолита районов северо-запада Европейской части СССР // Древняя история Северо-Запада Европейской части СССР. М.: Издательство Академии Наук СССР, 1961. С. 535–578.
4. Малаховский Д.Б., Арсланов Х.А., Гей Н.А., Джиноридзе Р.Н., Козырева М.Г. Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. СПб: РГО, 1993. С. 61–73.
5. Марков К.К. Послеледниковая история юго-восточного побережья Ладожского озера // Вопросы географии. 1949. № 12. С. 213–220.
6. Шеффер Е.Г. Некоторые черты развития южного Приладожья в голоцене // Вестник Ленинградского Университета. Геология. География. 1967. Т. 12. Вып. 2. С. 159–162.
7. Шумов М.В. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера. Дисс. на соиск. уч. ст. к. г.-м. н. СПб: СПбГУ. 2007.
8. Delusin I. The Holocene Pollen Stratigraphy of Lake Ladoga and the Vegetational History of Its Surroundings // Helsinki: Suomalainen Tiedekatemia, 1991. 67 p.
9. Dolukhanov P., Subetto D., Arslanov Kh., Davydova N., Zaitseva G., Djinnoridze E., Kuznetsov D., Ludikova A., Sapelko T., Savelieva L. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia // Quaternary International. 2009. Vol. 203. Iss. 1–2. P. 33–51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.04.021>
10. Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kromer B., Manning S., Muscheler R., Palmer J., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Buntgen U., Capano M., Fahrni S., Kohler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reining F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S.. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62. Iss. 4. P. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>

К.В. Акулинина, А. Арсак
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия
kbogdanova@sfu-kras.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛЕТНИХ ТЕМПЕРАТУР НА СЕВЕРЕ РОССИИ ПО ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Дендрохронология предоставляет уникальные возможности для реконструкции климатических условий в регионах с ограниченными метеорологическими данными, таких как Арктика. В данном исследовании изучен климатический отклик годичных колец деревьев (*Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. и *Larix cajanderi* Mayr.) на 6 участках за Северным полярным кругом и проведены предварительные реконструкции температуры за июнь-август на основе остаточных хронологий (1900-2020 гг.) и метеоданных (1966-2020 гг.). Анализ показал значимый климатический отклик на всех участках, однако качество реконструкций варьировало. На основе статистических показателей (R^2 , RMSE, GLK) для реконструкций выбраны несколько наиболее подходящих участков.

Ключевые слова: дендрохронология, реконструкция температуры, климатические изменения

K.V. Akulinina, A. Arzac
¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
kbogdanova@sfu-kras.ru

RECONSTRUCTION OF SUMMER TEMPERATURES IN THE NORTH OF RUSSIA BASED ON DENDROCHRONOLOGICAL DATA

Dendrochronology offers unique opportunities to reconstruct climate conditions in regions where the instrumental data series are scarce such as the Arctic. In this study, we evaluated the climate response of tree-ring width (TRW) (*Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. and *Larix cajanderi* Mayr.) at six sites north of the Arctic Circle and made preliminary reconstructions of June-August temperatures based on TRW residual chronologies (1900–2020) and meteorological data (1966–2020). The analysis showed a significant climate response at all sites, but the quality of the reconstructions varied. Based on statistical indicators (R^2 , RMSE, GLK), a few most suitable sites were selected for reconstructions.

Keywords: dendrochronology, temperature reconstruction, climate change

Dendrochronology is widely used to reconstruct climate parameters such as temperature in regions with extreme environmental conditions where tree growth is limited and meteorological observations are scarce in time and space. The Arctic regions of Russia (forest-tundra) are of particular interest for climate change studies because they are sensitive to global climate processes. In this study, we analyze the climate response of tree-ring width (TRW) at six sites (Apatity – **APA**, Polar Urals – **PUR**, Khantayka – **XAN**, Khatanga – **KHA**, Chokurdakh – **CHO**, Bilibino – **BIL**) and conduct preliminary summer temperature reconstructions for June-August. The aim of the work is to assess the suitability of dendrochronological data for temperature reconstruction and to identify the most suitable sites for further research. The study was conducted in the forest-tundra ecotone from 27°E to 166°E. At each site, wood cores were collected from 18 to 25 trees of the species *P. sylvestris*, *L. sibirica*, *L. gmelinii*, and *L. cajanderi*. These species are distributed over a wide latitudinal range (from 66°54' N to 71°57' N) and altitude (from 35 to 468 m above sea level) under conditions of sharply different climates. Average annual temperatures range from -0.48°C in the west to -13.28°C in the east, and summer (June–July) temperatures range from 8.31°C to 13.09°C. Annual precipitation also declines sharply: from 558 mm in Apatity to 210 mm in northeastern Siberia (according to nearby weather stations: Kandalaksha, Salekhard, Igarka, Khatanga, Chokurdakh, Ostrovnoye).

Residual tree-ring width chronologies were constructed for the period 1900-2020. Meteorological data (average monthly air temperature) were obtained from www.meteo.ru. TRW was measured using standard dendrochronological methods. The chronologies were standardized to obtain residual data that exclude age trends. R packages (dendroTools, ggplot2) were used to construct reconstructions. For climate reconstruction based on tree-ring width, measurement data from 122 living trees were used. The climate response was assessed through the correlation between residual TRW chronologies (1900–2020) and mean monthly air temperature (1966–2020) for January-October and the summer season (June-August).

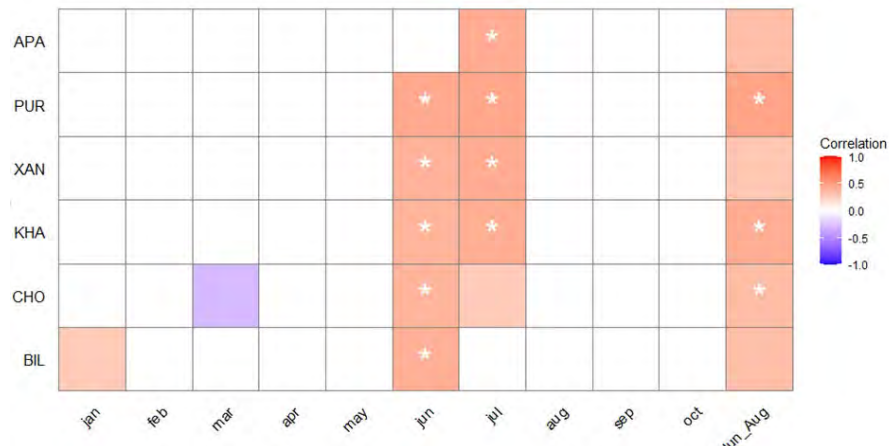


Fig. 1. Correlation of the width of tree rings with air temperature for the period from 1966 to 2021. The color shows the significance of correlations at the level of $p < 0.05$ and the asterisk shows the significance at the level of $p < 0.01$

TRW response to temperature showed a significant influence of June-August temperature for all sites ($r = 0.29$ – 0.47 , $p < 0.05$; Fig.1). The strongest correlations were observed in July ($r = 0.42$ – 0.45 , $p < 0.01$) for **APA**, **PUR**, **XAN**, and **KHA**, and June ($r = 0.38$ – 0.44 , $p < 0.01$), with maximum values for **PUR**, **XAN**, **KHA**, and **CHO**. Negative correlations (March for **CHO**, $r = -0.29$, $p < 0.05$) indicate possible influence of other factors on tree growth.

June-August temperature reconstructions were conducted based on TRW residual chronologies from 1900 to 2020 and validated against instrumental records from 1966 to 2020. Statistical indices of reconstruction quality (coefficient of determination - R^2 , root mean square error - RMSE, and the Gleichläufigkeit synchronicity coefficient – GLK) were calculated to assess the reliability of the models. They are presented in table 1.

Table 1. Characteristics of statistical indicators

	R ²	RMSE	GLK
APA	0.001	1.181	0.579
PUR	0.041	1.745	0.632
XAN	0.085	1.749	0.526
KHA	0.266	1.897	0.737
CHO	0.01	1.783	0.474
BIL	0.084	1.718	0.684

R^2 is the proportion of the measured temperature variation explained by the TRW reconstruction model. Values range from 0 to 1, where values closer to 1 indicate high explanatory power of the model. RMSE is the average value of the error between the reconstructed and instrumental temperature data (°C), reflecting the absolute accuracy of the model. Low values indicate high accuracy. GLK is the percentage of agreement between the signs of changes (increase or decrease) between the reconstructed and measured data. Values ≥ 0.6 are considered acceptable, ≥ 0.7 – good, indicating strong synchronicity of the climate signal.

Despite the significant climate response at all sites, the statistical performance of the temperature reconstructions varied significantly. Site **KHA** demonstrated the best performance, indicating high explanatory power and synchrony with the instrumental data. **PUR** and **BIL** showed moderate results. **APA** and **CHO** showed extremely low R^2 , which limits their use. Based on these data, sites **PUR**, **KHA** and **BIL** were selected for further reconstructions, demonstrating sufficient reliability (fig. 2).

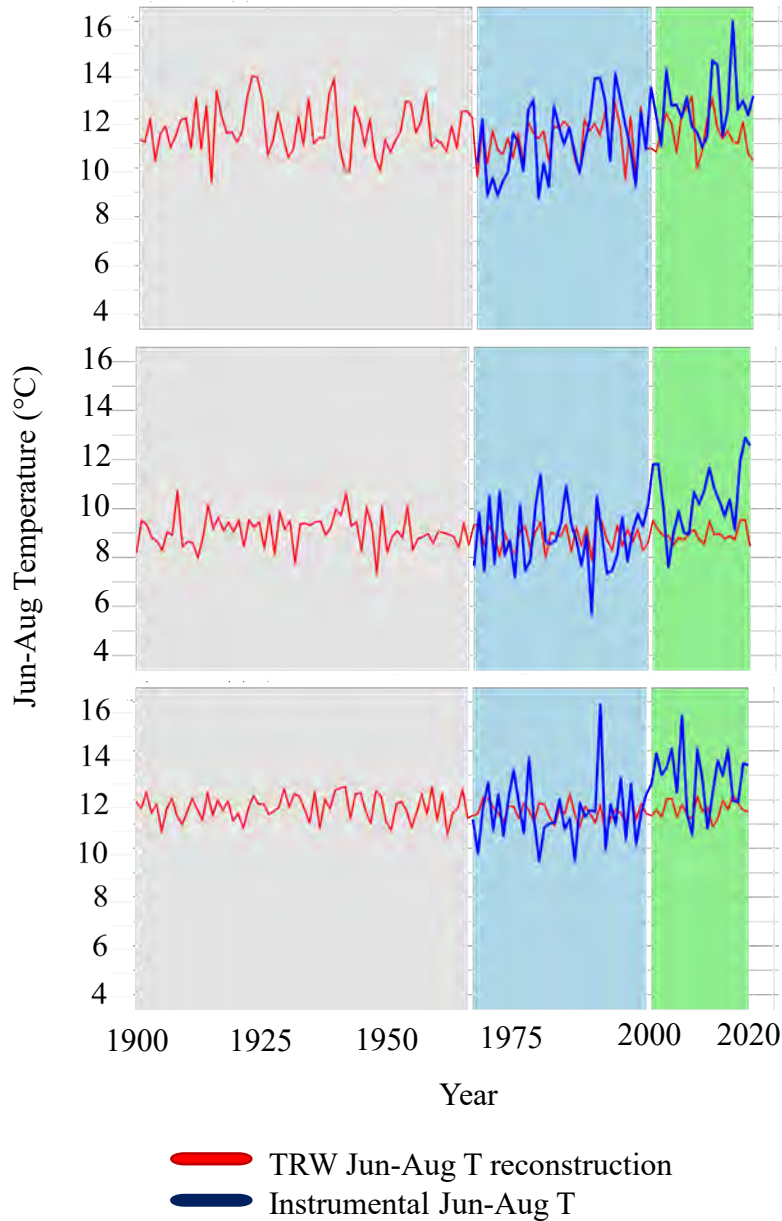


Fig. 2. Reconstruction of average summer air temperatures (June-August) for 1900–020 in the Polar Urals (**PUR**), Khatanga (**KHA**) and Bilibino (**BIL**): blue line - weather station data (1966–2020), red line - reconstructed temperatures

Reconstruction of summer temperatures revealed the following climate trends: in 1900–1960 there was a period of relative stability with small temperature fluctuations. 1960–2000 there was a moderate decrease in temperature. 2000–2020 there was a pronounced warming, especially noticeable after 2000. The most significant changes were recorded in **PUR**, where the sensitivity of tree rings to temperature was higher than in Khatanga and Bilibino.

The conducted analyses showed that the **PUR**, **XAN** and **KHA** sites are most suitable for reconstructing temperatures for June–August in the northern regions. **KHA** stands out as the most

reliable site due to its high R^2 and GLK. The results presented in the work can be called preliminary, since the work is ongoing. Further studies will be aimed at refining the models, taking into account additional factors and expanding the time range of reconstructions.

This work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation [FSRZ-2020-0014].

References

1. Хантемиров Р.М. Древесно-кольцевая реконструкция летних температур на севере Западной Сибири за последние 3248 лет // Сибирский экологический журнал. 1999. Т. 6. № 2. С. 185-191.
2. Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Сурков А.Ю. Реконструкция изменчивости температуры воздуха на Ямале по многотысячелетней древесно-кольцевой хронологии // Глобальные и региональные изменения климата и природной среды позднего кайнозоя в Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 358-362.
3. Шиятов Р.М., Хантемиров Р.М., Горланова Л.А. Тысячелетняя реконструкция температуры лета на Полярном Урале: данные древесных колец Можжевельника Сибирского и Лиственницы Сибирской // Археология, этнография и антропология Евразии. 2002. 1(9).
4. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазена В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Часть 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
5. R Core Team, 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R foundation for statistical computing.

А.А. Алейников
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
aaacastor@gmail.com

ТРАДИЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *PINUS SIBIRICA* (DU TOUR): ОТ АРХИВНЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ К ПРИРОДООХРАННЫМ ВЫВОДАМ

Современные бореальные леса – мозаика экосистем разной степени нарушенности. Наименее изучено влияние традиционного природопользования на распространение конкретных видов деревьев, длительное время используемых человеком. В европейской части России к таким видам следует отнести кедр сибирский. Западная граница его ареала сформирована рубками и пожарами и продолжает активно сокращаться. Целью исследования является описание этапов традиционного использования кедра на Северном Урале и разработка мер по его сохранению. Анализ этнографических источников и архивных документов выявил три основных этапа традиционного использования кедра. В настоящее время кедр отсутствует в лесах, сформированных за последние 100-150 лет после рубок и пожаров, и сохранился лишь в нетронутых темнохвойных массивах. Современные охранные меры, ориентированные на леса с долей кедра более 30%, недостаточны для его защиты на западной границе ареала. В связи с этим необходимо ввести запрет на рубки с любым участием кедра и разработать единую стратегию по его сохранению и восстановлению.

Ключевые слова: бореальные леса, кедровый промысел, лесозаготовительная деятельность, малонарушенные леса, Пермский край, традиционное природопользование, сосна сибирская кедровая, сплошная рубка

A.A. Aleinikov
Institute of Geography of the RAS, Moscow, Russia
aaacastor@gmail.com

THE TRADITIONAL USE OF *PINUS SIBIRICA* (DU TOUR): FROM ARCHIVAL RECONSTRUCTIONS TO ENVIRONMENTAL FINDINGS

Modern boreal forests are a mosaic of ecosystems with varying degrees of disturbance. The impact of former land use on the distribution of specific long-lived tree species has been poorly studied. In the European part of Russia, one such species is the Siberian pine. The western edge of its range, shaped by logging and fires, is actively contracting. The aim of this study is to describe the stages of the traditional use of Siberian pine in the North Urals and to develop measures for its preservation. An analysis of ethnographic sources and archival documents revealed three main stages of traditional Siberian pine use. Siberian pine is currently absent from forests that have regrown over the last 100-150 years following logging and fires, surviving only in pristine forests. Modern protection measures, which target forests with more than 30% cedar, are insufficient to protect the species on the western edge of its range. It is therefore necessary to prohibit the logging of Siberian pine and to develop a comprehensive strategy for its preservation and restoration.

Keywords: boreal forests, clear-cutting, forestry, intact forest landscape, Permsky Krai, protected species, Siberian pine, Siberian pine nut gathering, traditional land use

Большая часть современных лесов представляют собой сложную мозаику прошлых нарушений и одна из актуальных задач состоит в исследовании их долговременных последствий. На уровне экосистем хорошо изучены последствия рубок и пожаров (Martin et al., 2020; Barrette, Boucher, Auger, 2022; Danneyrolles et al., 2025). Меньше изучено влияние традиционного природопользования на конкретные виды растений, которые сократили свое распространение (Kaiser et al., 2024). В бореальных лесах к таким видам следует отнести кедр сибирский. Исключительная природоохранная значимость и роль этого вида в лесных экосистемах описана ранее (Алейников и др., 2024). Современная западная граница его

сплошного ареала сформирована под воздействием традиционного природопользования. В настоящее время его распространение в европейской части России продолжает стремительно сокращаться. Цель исследования заключалась в описании этапов и особенностей традиционного использования кедров сибирского на Северном Урале, а также в разработке предложений по его сохранению. Проведение подобных исследований возможно только в лесных массивах, в которых, с одной стороны, сохранились естественные популяции кедров, с другой – реконструирована история традиционного природопользования. Один из таких массивов расположен на западном макросклоне Северного Урала и включает верховья рек Вишеры с ее крупным притоком Колвой и верховья Печоры с крупным притоком Уньей ((Алейников, 2021; Aleinikov, Lisytyna, 2023). Это уникальный модельный объект, в котором присутствуют экосистемы разной степени нарушенности: естественные темнохвойные леса с кедром; послепожарные леса, возникшие на гарях и подсеках; а также леса со следами приисковых рубок разной интенсивности, вторичные леса, возникшие на месте пожаров и рубок XX века. В прошлом масштабы и интенсивность лесозаготовительной деятельности определялись принадлежностью к речным бассейнам, а хозяйственная деятельность вокруг населенных пунктов – давностью существования и освоения территории. Однако в 1930-е годы в природопользовании произошли фундаментальные изменения: верхнепечорские леса были заповеданы, а в верхнеколвинских лесах началась активная лесозаготовительная деятельность, которая привела к практически полной смене естественных темнохвойных лесов.

Отсутствие подробных картографических материалов и количественных данных о лесах XIX века на модельной территории существенно затрудняют оценку динамики распространения кедров. Поэтому был сделан упор на микроисторический подход – изучены локальные источники, которые дают представление об отдельных фактах лесопользования. С этой целью был проведен поиск и анализ этнографических источников второй половины XIX – начала XX века, а также архивных документов в Вологодском, Пермском и Чердынском архивах. Распространение кедров в 1938 год анализировали по материалам первого советского лесоустройства, выполненного на основе аэрофотосъемки, распространение в 2023 году – по актуализированным материалам 1994-2000 годов.

Анализируя особенности заселения и освоения этой территории, можно выделить несколько этапов традиционного использования кедров сибирского в разные периоды времени. Первый этап, вероятно, самый продолжительный и наименее изученный, связан с вогулами, которые периодически посещали территорию вдоль Колвы до прихода русского населения. Помимо охоты, рыболовства и отгонного оленеводства, вогулы занимались кедровыми промыслами и использовали различные части кедров в религиозных обрядах, а также для изготовления домашней утвари. Примеры подобных работ описаны в более поздней этнографической литературе. Так, из кедровых корней вязали корзинки и снасти для ловли рыбы, с помощью корней закрепляли детали лодки. Из тонких деревьев делали слопцы на птиц, самострелы и луки. Из деревьев потолще – лыжи, весла. Из нижних, наиболее толстых частей ствола делали корыта для приготовления пищи, а из самых толстых стволов выдалбливали лодки, для ремонта которых использовали кедровую живицу, полученную из подрубленных деревьев (Источники..., 1987; Каннисто, 2019; Коринова, Слинкина, 2019). Оценить масштабы воздействия вогулов на распространение и плотность деревьев кедров в этот период крайне сложно, но можно предположить, что в связи с малочисленностью и мобильностью населения, воздействие было небольшим и сосредоточено вдоль путей перемещения, пастбищ, охотничьих и рыболовных угодий. Также следует отметить, что помимо прямого изъятия деревьев разного возраста, вогулы поджигали темнохвойные леса, создавая листовые кормовые пятна для копытных. Во время таких пожаров погибали кедров разных возрастов, но площадь гарей также была невелика, и они были сосредоточены вдоль рек, по которым вогулы спускались с гор (Алейников, 2021). Огромные водораздельные пространства по-прежнему были заняты ненарушенными темнохвойными лесами с устойчивым потоком поколений кедров сибирского.

Следующий этап в использовании кедр связан с русской колонизацией и образованием постоянных населенных пунктов. Русское население активно использовало кедровую древесину не только для изготовления домашней утвари, но и для строительства домов и хозяйственных построек. В архивных документах конца XIX века сохранилось более десятка дел с описанием самовольной рубки кедров толщиной от 36 до 62 см. Вероятно рубка более тонких деревьев оставалась незамеченной, поскольку из кедр делали небольшие предметы обихода. В одном из дел зафиксирована рубка сразу 8 деревьев для сбора кедровых орехов, в то время как во всех остальных случаях – рубка единичных деревьев для изготовления мебели. Срубленные кедровые бревна чаще всего превращали в плахи толщиной до 10 см, реже – распиливали на чурки, которые затем раскалывали на доски. В одном случае из кедр был сделан стол, в двух случаях – лодки. Анализ локаций самовольных рубок показал, что помимо казенных лесов, окружавших населенные пункты, кедр вырубали даже вокруг изб, расположенных вдоль зимних дорог и на охотничьих угодьях, а также вокруг рыболовецких станов, где из кедров изготавливали бочки и кадушки для засолки рыбы (Aleinikov, 2023). В этот период все-таки преобладала рубка ради сбора орехов, нежели для получения древесины. В литературе описаны случаи, когда в урожайные годы были вырублены тысячи деревьев (Латкин, 1853, Непомилуева, 1974). Еще один важный фактор сокращения распространения кедр – активное использование подсечного земледелия и лесные пожары, из-за которых темнохвойные леса с участием кедр сменялись вторичными лесами без участия кедр. К концу 1930-х годов леса с участием кедр сибирского занимали только 16,6% от площади верхнеколвинских лесов. Большая часть лесов с кедром сохранялась в восточной части бассейна – ближе к Уральскому хребту, в то время как в западной части бассейна лесов с участием кедр в лесах было значительно меньше.

Третий этап использования кедров начинается в 1930-е годы: в это время формируется советская система управления и организации лесного хозяйства. Формирование лесхозов и лесничеств с одной стороны упорядочило пользование лесными ресурсами, с другой стороны, многие традиционные виды пользования кедром остались неизменными, в том числе рубка генеративных деревьев ради сбора орехов. Теперь, помимо сбора орехов для личных нужд, местное население собирало и сдавало их советскому государству. Например, в 1935 году, Ныробский район Пермской области должен был заготовить 3 тонны орехов. В 1930-е годы в верховьях Колвы начинаются сплошные и условно-сплошные рубки, в результате которых площадь лесов с участием кедр сократилась в 2,5 раза. Леса с кедром полностью исчезли в западной части модельной территории. Рубка кедровых деревьев в урожайные годы на северо-востоке современного Пермского края сохранялась вплоть до 1970-х годов (Алейников и др., 2024).

Выборочное натурное обследование модельной территории, а также анализ современных лесоустроительных материалов показал, что кедр сибирский отсутствует в послепожарных и послерубочных древостоях, сформированных за последние 100-150 лет и сохранился только в естественных темнохвойных лесах. Это обусловлено крайне медленным ростом в первые десятилетия жизни и отсутствием оптимальных для роста микросайтов (подкроновые пространства взрослых деревьев). Меры по сохранению и поддержанию этого вида должны учитывать особенности его роста и развития на начальных этапах онтогенеза. Однако действующие федеральные правила ограничивают лесопользование только на участках с долей кедр сибирского в составе древостоя более 30%, в то время как на западной границе его распространения в Европейской России большая часть рассматриваемых лесов содержит менее 30%. Результаты исследования подчеркивают необходимость запрета рубки лесов с любым участием кедр сибирского и разработку единых мер по сохранению и восстановлению популяций республике Коми и Пермском крае.

Список литературы

1. Алейников А.А. Использование лесных ресурсов и организация лесного хозяйства в Северном Предуралье во второй половине XIX – начале XX вв. // Вестник Пермского университета. Сер. История. 2024. № 2(65). С. 108–122. <https://doi.org/10.17072/2219-3111-2024-2-108-122>
2. Алейников А.А. Историко-географические причины сохранности ненарушенных темнохвойных лесов Северного Урала // Лесоведение. 2021. № 6. С. 593–608. <https://doi.org/10.31857/S0024114821060036>
3. Алейников А.А., Алексутин В.А., Возьмитель Ф.К., Гуня А.Н. Долговременная динамика лесов с участием *Pinus sibirica* в верховьях реки Колвы (Северное Предуралье) с 1938 по 2023 годы // Nature Conservation Research. 2024. Vol. 9(3). С. 72–91. <https://doi.org/10.24189/ncr.2024.022>
4. Источники по этнографии Западной Сибири. Томск, 1987. 284 с.
5. Каннисто А. Сооружения и вещи при жертвоприношениях вогулов / манси // Вестн. Том. гос. ун-та. Культурология и искусствоведение. 2019. № 36. С. 312–322.
6. Корицова Н.Н., Слинкина Т.Д. Социокультурный феномен-растения в культуре народа манси в проекции на современное общество // История, языки и культура северных народов. 2019. С. 234–247.
7. Латкин В.Н. Дневник Василия Николаевича Латкина, во время путешествия на Печору, в 1840 и 1843 годах. СПб: Типография Императорской Академии наук, 1853. 143 с.
8. Непомилуева Н.И. Кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour) на Северо-Востоке Европейской части СССР. Ленинград: Наука. 1974. 184 с.
9. Aleinikov A. The traditional use of Siberian pine in Northern Pre-Urals in the late 19th – early 20th based on the Archival Data // Bylye gody. 2023. Vol. 18. Iss. 4. P. 1948–1960. <https://doi.org/10.13187/bg.2023.4.1948>
10. Aleinikov A., Lisitsyna O. Archival Analysis of Slash-and-burn agriculture in the North Ural Mountains at the end of the Nineteenth Century // Human Ecology. 2023. Vol. 51. P. 671–683 <https://doi.org/10.1007/s10745-023-00435-8>
11. Barrette M., Boucher Y., Dumais D., Auger I. Clear-cutting without additional regeneration treatments can trigger successional setbacks prolonging the expected time to compositional recovery in boreal forests // European Journal of Forest Research. 2020. Vol. 141(4). P. 629–639. <https://doi.org/10.1007/s10342-022-01465-5>
12. Danneyrolles V., Boucher Y., de Félice H. T., Barrette M., Auger I., Noël J. Using forestry archives to assess long-term changes in forest landscape age structure and tree composition (1950–2020) in eastern Canada // Forest Ecology and Management. 2025. Vol. 595. Iss. 122990. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122990>
13. Martin M., Boucher Y., Fenton N.J., Marchand F., Morin H. Forest management has reduced the structural diversity of residual boreal old-growth forest landscapes in Eastern Canada // Forest Ecology and Management. 2020. Vol. 458. P. 117765. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117765>

М.Ю. Александрин
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
alexandrin@igras.ru

ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНАЯ СЪЕМКА ДОННЫХ ОСАДКОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ – НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ХОРЛАКЕЛЬ (ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

В статье рассматривается применение метода гиперспектральной съемки кернов донных осадков для целей создания палеоклиматических реконструкций. Описана установка, камера и программное обеспечение для гиперспектрального сканирования в Институте географии РАН. Выбранный спектральный индекс позволяет реконструировать биопродуктивность озера в период 3000-1000 лет назад с рекордно высоким разрешением.

Ключевые слова: гиперспектральная съемка, озерные осадки, анализы высокого разрешения, биогенные маркеры, Кавказ

M.Y. Alexandrin
Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
alexandrin@igras.ru

HYPERSPECTRAL IMAGING OF SEDIMENT CORES AS A BASIS FOR HIGH- RESOLUTION CLIMATE RECONSTRUCTIONS. CASE STUDY: LAKE KHORLAKEL (WESTERN CAUCASUS)

The article focuses on the application of hyperspectral imaging of sediment cores as a basis of climate reconstructions. Hyperspectral setup of the Institute of geography RAS is described – including the camera, scanner and dedicated software. The selected spectral index allows to reconstruct lake productivity for the period 3000-1000 BP at high resolution.

Keywords: chlorophyll a, hyperspectral imaging, lake sediments, high-resolution analyses, biogenic markers, Caucasus

Гиперспектральная съемка кернов донных осадков – новый аналитический метод, получивший развитие в последние два десятилетия. Преимущества гиперспектральной съемки заключаются в высоком пространственном разрешении данных, неразрушающем характере, а также в относительной простоте и скорости проведения анализа. В палеолимнологии высокое разрешение способно обеспечить принципиально новые знания – реконструкцию отдельных кратковременных событий, расшифровку периодических событий и форсингов, наряду с общими реконструкциями долгопериодной изменчивости.

Суть метода сканирующей гиперспектральной съемки состоит в получении коэффициентов отражения света на поверхности образца (керн донных осадков) в большом числе узких сопряженных спектральных полос (каналов). Такая съемка может осуществляться в разных частях электромагнитного спектра – не только в видимой, но и ближней и дальней инфракрасных частях. Известно, что характеристики веществ, в том числе и веществ, слагающих донные осадки, могут быть определены с помощью их уникальных спектральных свойств (линий поглощения). Таким образом косвенно может быть получена информация о процессах и условиях осадконакопления.

В Лаборатории палеоархивов природной среды Института географии РАН была создана установка для гиперспектральной съемки кернов донных осадков и других седиментационных архивов. Она состоит из гиперспектральной камеры, совместимого с ней сканера Specim LabScanner с галогеновым освещением и оборудования для прокатки

длинных кернов. Используемая камера Specim FX10 работает в режиме линейного сканирования в видимой и ближней инфракрасной (VNIR) частях электромагнитного спектра (диапазон 400-1000 нм) с 448 спектральными каналами. Пространственное разрешение полученных данных составляет 229 мкм, среднее спектральное разрешение – 5,5 нм. Для работы с данными сотрудниками лаборатории был разработан специализированный программный продукт на основе среды Matlab, который обеспечивает полный спектр задач – от калибровки данных и автоматического сшивания фрагментов единого керна до спектрального анализа и картирования керна [см. Alexandrin et al., 2025].

Керн озера Хорлакель (43°29'36"N; 42°13'05"E, 2063 м н.у.м., расположено в 20 км к запад-северо-западу от массива Эльбруса) использован нами в качестве пилотного объекта для гиперспектрального сканирования благодаря своему литостратиграфическому разнообразию – керн сложен чередующимися участками тонкослоистых глин и сапропеля с различными спектральными свойствами. Для керна был также сделан ряд необходимых лабораторных анализов. Хронология надежно закреплена с помощью возрастной модели на основе восьми радиоуглеродных дат и охватывает период 6500-1000 лет назад [Alexandrin et al., 2025].

Исследование спектральных свойств керна озера Хорлакель показало, что минерогенная и органогенная толщи осадка имеют в целом похожие спектральные профили (но разной интенсивности, то есть органогенный осадок темнее) с существенным отличием в виде пониженных относительно фона значений коэффициента отражения в части электромагнитного спектра, соответствующей длине волн около 670 нм для органогенного осадка. Известно, что этот участок спектра соответствует поглощению света хлорофиллом *a* и его продуктам распада. Хлорофилл *a* является неотъемлемым пигментом большинства фотосинтезирующих организмов, и его концентрация в осадке может быть интерпретирована в качестве валовой автохтонной органической продукции (принципиальным тут является то, что хлорофилл *a* не сохраняется в органическом детрите в осадке, то есть в аллохтонной органике).

Спектральный индикатор содержания хлорофилла *a* в осадке выражен в виде пониженных значений коэффициента отражения в районе 670 нм на спектральной кривой и может быть выражен количественно с помощью ряда формул [см. Alexandrin et al., 2025]. Сравнение спектральных индексов хлорофилла *a* позволило выбрать индекс RABD_{660;670} [Rein and Sirocko, 2002] в качестве наиболее репрезентативного. Результаты корреляционного и многофакторного анализов говорят об устойчивой связи выбранного спектрального индекса и других биогенных индикаторов – содержания органического углерода, массовых потерь при прокаливании, а также содержания брома в осадке – индикатора, использованного нами ранее для другого кавказского озера [Alexandrin et al., 2023].

Результирующая кривая параметра RABD_{660;670} имеет рекордно высокое временное разрешение (менее одного года). В силу существенных литологических различий в исследуемом керне, ставших результатом нескольких перестроек структуры водосборного бассейна озера [Шварев и др., 2023], полученный индекс не может быть использован в качестве непрерывной реконструкции биопродуктивности озера. Однако можно надежно реконструировать этот параметр для верхней органогенной толщи осадка, соответствующей периоду 3000-1000 лет назад. Полученная реконструкция говорит об устойчивом тренде на похолодание на Кавказе в этот период, что согласуется с другими палеолимнологическими реконструкциями и данными о наступаниях ледников региона, а также полушарными климатическими реконструкциями. Наши результаты также обнаруживают квазидвухсотлетний цикл в биопродуктивности озера, который согласовывается с подобными данными для озер Западной Европы [Sirocko et al., 2021].

Проделанная работа позволяет с уверенностью говорить о том, что гиперспектральная съемка кернов донных осадков в видимом-ближнем ИК диапазоне может быть использована

для создания реконструкций биопродуктивности озер, а также других параметров с максимально высоким разрешением.

Исследования выполнены при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Шварев С.В., Александрин М.Ю., Иванов М.М., Голосов В.Н. Реконструкция особенностей формирования стока наносов на водосборе оз. Хорлакель (Северный Кавказ) за последние 8 тыс. лет (по геоморфологическим и лито-стратиграфическим данным) // Геоморфология и палеогеография. 2023. № 3. С. 81-107.
2. Alexandrin M., Solomina O., Darin A. Variations of heat availability in the Western Caucasus in the past 1500 years inferred from a high-resolution record of bromine in the sediment of Lake Karakel // Quaternary International. 2023. Iss. 664. P. 20-32.
3. Alexandrin M., Molenkamp N., Konstantinov E., Dolgikh A. Hyperspectral imaging and high-resolution biogenic sedimentary proxies of the mid-elevation Lake Khorlaket (Western Caucasus). The Holocene. 2025. 09596836251350237.
4. Rein B., Sirocko F. In-situ reflectance spectroscopy–analyzing techniques for high-resolution pigment logging in sediment cores. International Journal of Earth Sciences. 2002. Iss. 91. P. 950-954.
5. Sirocko F, Martínez-García A, Mudelsee M., Albert J., Britzius S., Christl M., Diehl D., Diensberg B., Friedrich R., Fuhrmann F., Muscheler R., Hamann Y., Schneider R., Schwibus K., Haug G. Muted multidecadal climate variability in central Europe during cold stadial periods // Nature Geoscience. 2021. Vol. 14. Iss. 9. P. 651–658.

В.Э. Алексутин, А.А. Алейников, А.Н. Гуня
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
aaacastor@gmail.com

ДИНАМИКА ЛЕСНОГО ПОКРОВА В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ КОЛВЫ (СЕВЕРНОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ) В XX ВЕКЕ

Современные леса – результат воздействия большого количества внешних и внутренних факторов, последствия которых остаются слабо изученными в России. В работе мы ставим перед собой цель оценить динамику лесных экосистем под влиянием различных факторов с 1938 по 1994 год в границах трансекты, проходящей через д. Талово в верховьях р. Колвы Пермского края. Изменения оценивали по материалам лесоустройства 1938, 1956 и 1994 годов, с использованием алгоритмов геопространственного и статистического анализа. В результате забрасывания сельскохозяйственных угодий, созданных в результате традиционного природопользования до 1938 года и практически полного отсутствия сплошных рубок в советский период, выявлено увеличение доли темнохвойных лесов (12%) и снижение числа мягколиственных (на 32,6%). В труднодоступных местах модельной трансекты сохранились длительно существующие ненарушенные темнохвойные леса, которые имеют научную и природоохранную ценности.

Ключевые слова: динамика экосистем, первичный лес, Верхняя Колва, факторы трансформации

V.E. Aleksutin, A.A. Aleinikov, A.N. Gunya
Institute of Geography of the RAS, Moscow, Russia
aaacastor@gmail.com

DYNAMICS OF FOREST COVER IN THE OF THE KOLVA RIVER (NORTHERN PRE-URALS) IN THE 20TH CENTURY

Modern forests are the result of the influence of a large number of external and internal factors, the consequences of which remain poorly studied in Russia. In this study, we aim to assess the dynamics of forest ecosystems under the influence of various factors from 1938 to 1994 within the boundaries of a transect passing through the village of Talovo in the upper reaches of the Kolva River in the Perm Region. The changes were assessed using forest management data from 1938, 1956, and 1994, with the use of geospatial and statistical analysis algorithms. As a result of the abandonment of agricultural land created by traditional land use before 1938 and the almost complete absence of clear-cutting during the Soviet period, an increase in the proportion of dark coniferous forests (12%) and a decrease in the number of softwood forests (by 32.6%) were identified. In hard-to-reach areas of the model transect, long-standing undisturbed dark coniferous forests have been preserved, which are of scientific and environmental value.

Keywords: ecosystem dynamics, primary forest, Upper Kolva, factors of transformation

Современные леса находятся под влиянием множества взаимодействующих внутренних и внешних факторов, включая лесное хозяйства, стихийные бедствия и изменение климата. Кроме того, крайне важно учитывать долговечность прошлых антропогенных нарушений лесов и их возможные последствия, которые составляют «экосистемную память и экосистемное наследие» [6]. В XX веке одним из самых серьезных факторов трансформации бореальных лесов стали сплошные рубки, которые резко увеличили площадь вторичных лесов [4; 5; 10].

История бореальных лесов и лесного хозяйства в России остается малоизученной. Отсутствие знаний о прошлом состоянии лесов приводит к большим расхождениям в прогнозах динамики углерода и существенно влияет на долгосрочную оценку секвестрации углерода [11]. Не менее актуальная задача – выделение и сохранение лесов, важных для

поддержания биологического разнообразия, а также определения эталонной растительности при восстановлении лесов и ландшафтов [3]. Цель исследования – оценить динамику лесного покрова с 1938 по 1994 на модельной трансекте в верховьях реки Колвы. Выбор этой территории обусловлен тем, что в течение последних двух столетий леса в Северном Предуралье претерпели крупномасштабные изменения, связанные с активным хозяйственным освоением. В тоже время важно отметить, что это освоение было неравномерным. В XIX веке леса в низовьях р. Колвы интенсивно использовали для заготовки солеваренных дров, баржестроения, чуть позднее – строевой древесины. Поскольку эта территория была заселена раньше, то значительные площади лесов были трансформированы подсечным земледелием [1; 2]. Леса вдоль судоходных рек и населенных пунктов были истощены. В верховьях Колвы леса эксплуатировались меньше из-за труднодоступности и отсутствия людских ресурсов. В XX веке социальные, демографические и экономические факторы способствовали радикальному преобразованию лесного покрова в нижней и средней частях бассейна Колвы. В 1930-1940-е гг. в бассейне Колвы появляются лесхозы, которые начали масштабную заготовку древесины.

Текущее исследование выполнено на трансекте, площадью около 45 тыс. га, расположенной в верховьях реки Колвы. Пересекая бассейн р. Колвы с севера на юг, трансекта включает деревню Талово (рис.1) – один из самых восточных населенных пунктов, основанный не позднее 1850-х гг. В качестве материалов для анализа использованы материалы лесоустройства 1938, 1956 и 1994 годов, однако в работе приведены результаты динамики лесов с 1938 по 1994 годы, без анализа промежуточного состояния в 1956 году. Планы лесонасаждений были отсканированы с разрешением 600 dpi, сшиты и геопривязаны. Затем на отсканированных планах был оцифрован каждый выдел, который в зависимости от наличия древостоя, его состава и соотношения сопутствующих видов был отнесен к одному из 16 классов наземного покрова: dark, deciduous-dark, dark-deciduous, deciduous, light-deciduous, deciduous-light, light, dark-light, light-dark, mixed, cutting, burnt, opening, meadow, bog, tilth. Для оценки динамики переходные классы лесных экосистем были отнесены по преобладающим группам пород, а классы преобразованных экосистем – сгруппированы по типу антропогенного воздействия. Статистический анализ выполнен в среде статистического программирования R [9]. Карты построены в QGIS [8].

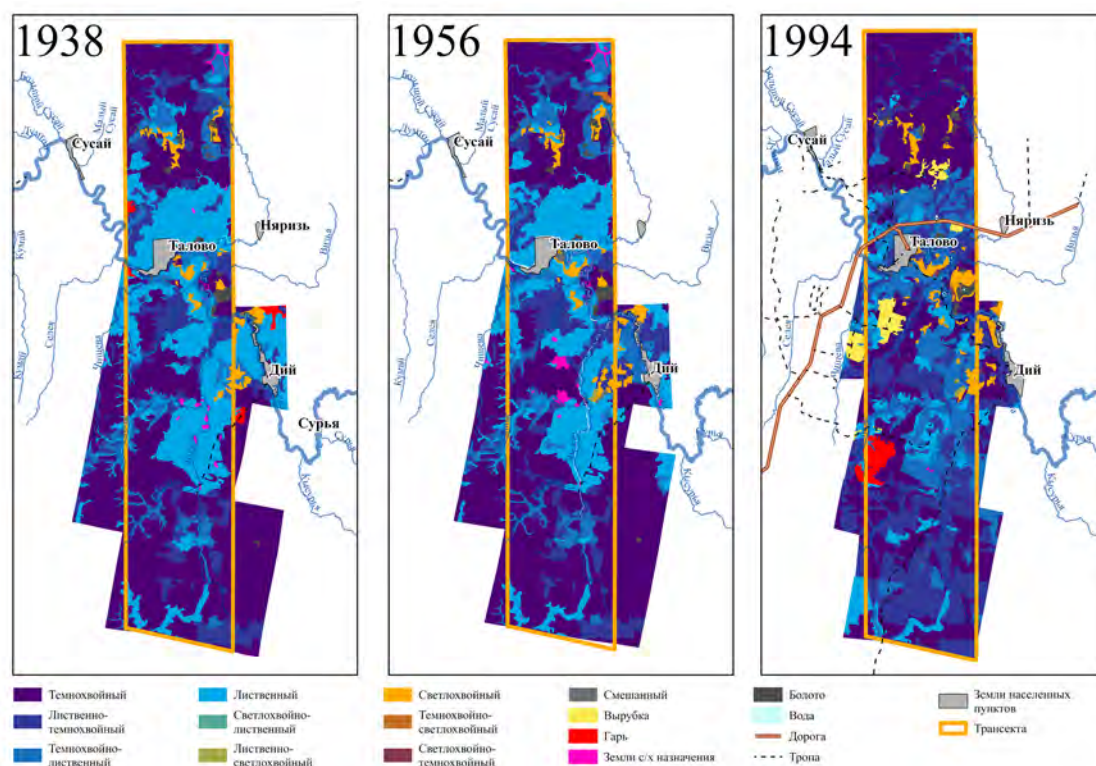


Рис. 1. Лесной покров на восточной трансекте в верховьях реки Колвы в 1938, 1956 и 1994 гг.

К моменту проведения первого лесоустройства в 1938 году на данной территории (рис.1) 39,4% уже были преобразованы и описаны таксаторами как леса с преобладанием пионерных видов, гари или земли, используемые для сельского хозяйства. Традиционное природопользование весьма значительно повлияло на состояние лесных экосистем. Практически все территории, где преобладали мягколиственные и светлохвойные виды древесной растительности имели пометки о каком-либо виде лесопользования (рубка/подсека) в прошлом. Преимущественно такие экосистемы преобладают вокруг населенных пунктов и русел рек, что косвенно подтверждает теорию об их антропогенном возникновении. В тоже время, в границах трансекты сохранился и большой массив естественных темнохвойных лесов, занимающий 60% территории, в составе которых сохранялся *Pinus sibirica* (Du TOUR).

Анализ динамики площадей отдельных классов лесных экосистем показал, что с 1938 по 1994 год произошло несколько важных изменений. Во-первых, сократилось разнообразие классов наземных экосистем (рис. 2). Практически полностью исчезли (остались лишь следы) элементы традиционного природопользования: пастбища, луга (сенокосы) и пашни. В тоже время, к концу XX века появились новые типы: дороги и карьеры. Во-вторых, изменилось соотношение площадей лесов разных классов как за счет антропогенной трансформации, так и за счет сукцессионных изменений. Существенный вклад внесла лесозаготовительная деятельность, в результате которой 17,5% от площади темнохвойных лесов были преобразованы в лиственные леса, а 3,5% подвержены рубкам и пожарам.

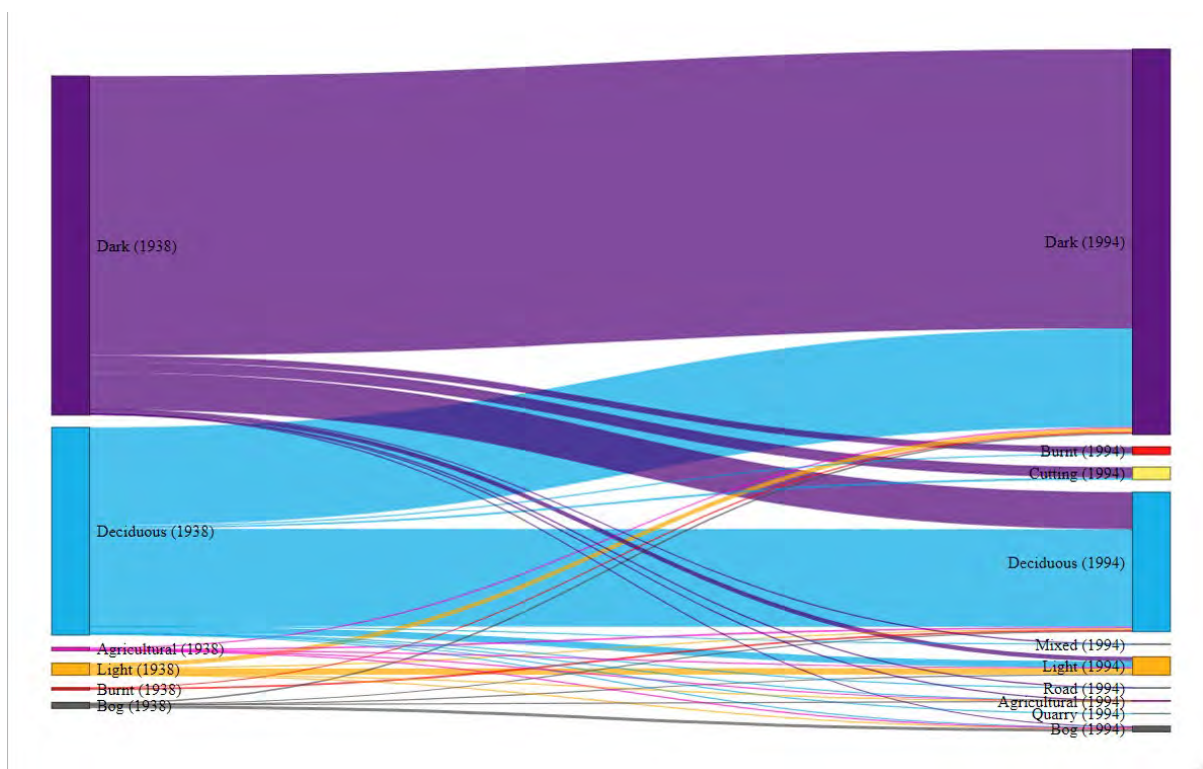


Рис. 2. Динамика типов лесных экосистем с 1938 г. по 1994 г.

С другой стороны, почти половина существовавших в 1938 году мягколиственных лесов (8,7 тыс. га из 18,4 тыс. га группы мягколиственных: dark-deciduous, deciduous, light-deciduous) к 1994 г. постепенно сменились экосистемами с преобладанием темнохвойных. В совокупности это привело к тому, что итоговая площадь сообществ с преобладанием темнохвойных (dark, deciduous-dark, light-dark) к 1994 г. увеличилась на 12%, тогда как площадь мягколиственных лесов сократилась на 32,6%.

Трансформация лесов сопровождается не только изменением видовой состава, но и изменением возрастной структуры. Однако помимо сплошных рубок и пожаров, к омоложению древостоя могли привести массовые ветровалы, которыми была затронута южная и центральная часть трансекты в 1975 и 1986 годах [7]. В труднодоступных местах модельной трансекты сохранились длительно существующие ненарушенные темнохвойные леса, которые имеют научную и природоохранную ценности. В дальнейшем планируется оценить вклад ветровалов разных лет, а также динамику лесов за период с 1994 по 2025 год.

Статья подготовлена по материалам исследований по теме Государственного задания Института географии РАН FMWS-2024-0007.

Список литературы

1. Алейников А.А. Использование лесных ресурсов и организация лесного хозяйства в Северном Предуралье во второй половине XIX – начале XX вв. // Вестник Пермского университета. Сер. История. 2024. № 2(65). С. 108–122. <https://doi.org/10.17072/2219-3111-2024-2-108-122>
2. Алейников А.А., Алексутин В.А., Возьмитель Ф.К., Гуня А.Н. Долговременная динамика лесов с участием *Pinus sibirica* в верховьях реки Колвы (Северное Предуралье) с 1938 по 2023 годы // Nature Conservation Research. 2024. Vol. 9(3). С. 72–91. <https://doi.org/10.24189/ncr.2024.022>
3. Chiarucci A., Piovesan G. Need for a global map of forest naturalness for a sustainable future // Conservation Biology. 2020. Vol. 34. Iss. 2. P. 368–372. <https://doi.org/10.1111/cobi.13408>
4. Danneyrolles V., Dupuis S., Fortin G., Leroyer M., de Römer A., Terrail R., Vellend M., Boucher Y., Laflamme J., Bergeron Y., Arseneault D. Stronger influence of anthropogenic disturbance than climate change on century-scale compositional changes in northern forests // Nature Communications. 2019. Vol. 10, art. 1265. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09265-z>
5. Jackson S.M., Pinto F., Malcolm J.R., Wilson E.R. A comparison of pre-European settlement (1857) and current (1981–1995) forest composition in central Ontario // Canadian Journal of Forest Research. 2000. Vol. 30. Iss. 4. P. 605–611. <https://doi.org/10.1139/cjfr-30-4-605>
6. Jöngiste K., Korjus H., Stanturf J., Frelich L., Baders E., Donis J., Jansons A., Kangur A., Köster K., Laarmann D., Maaten T., Marozas V., Metslaid M., Nigul K., Polyachenko O., Randveer T., Vodde F. Hemiboreal forest: natural disturbances and the importance of ecosystem legacies to management // Ecosphere. 2017. Vol. 8. Iss. 2. Art. e01706. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1706>
7. Lässig R., Močálov S. Frequency and characteristics of severe storms in the Urals and their influence on the development, structure and management of the boreal forests // Forest Ecology and Management. 2000. Vol. 135. Iss. 1–3. P. 179–194. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00309-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00309-1)
8. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation, 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://qgis.org> (дата обращения: 30.03.2025).
9. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.R-project.org> (дата обращения: 30.03.2025).
10. Terrail R., Dupuis S., Danneyrolles V., Fortin M., Boucher Y., Arseneault D. Reorganization of tree assemblages over the last century in the northern hardwoods of eastern Canada // Applied Vegetation Science. 2019. Vol. 22. Iss. 4. P. 474–483. <https://doi.org/10.1111/avsc.12449>
11. Thurner M., Beer C., Santoro M., Carvalhais N., Wutzler T., Schepaschenko D., Shvidenko A., Kompter E., Ahrens B., Levick S., Schimmlius C. Carbon stock and density of northern

boreal and temperate forests // Global Ecology and Biogeography. 2014. Vol. 23. Iss. 3. P. 297–310. <https://doi.org/10.1111/geb.12125>

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СКОРОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ОЗЕРА КАСПЛЯ (СМОЛЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ) В ГОЛОЦЕНЕ

Проведён анализ химического состава отложений озера Каспля (всего 17,3 м). На основе модели «возраст-глубина», полученной по данным радиоуглеродного анализа и активности радионуклидов (первые 1,71 м колонки) рассчитана общая скорость накопления массы (MAR) и MAR отдельных элементов.

Ключевые слова: рентгенфлуоресцентный анализ, метод главных компонент, скорость накопления массы, ²¹⁰Pb

R.A. Andreev^{1,2}, E.A. Konstantinov¹, L.V. Shasherina¹, N.V. Kuzmenkova^{1,2}

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

dorionio40@gmail.com

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СКОРОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ОЗЕРА КАСПЛЯ (СМОЛЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ) В ГОЛОЦЕНЕ

We conducted an analysis of the chemical composition of Lake Kasplya's sediments (total 17,3 m). Using an age–depth model derived from radiocarbon dating and radionuclide activity (the top 1,71 m of the core), the overall mass accumulation rate (MAR) and MARs of individual elements were calculated.

Keywords: x-ray fluorescence analysis, principal component analysis, mass accumulation rate, ²¹⁰Pb

Введение. Донные отложения озера Каспля, расположенного в 35 км северо-западнее г. Смоленска – ценный палеогеографический архив позднеледниковья и голоцена. Мощность керна Kas-17 составляет 17,3 м, нижняя половина сложена биохомогенными ритмитами, которые отражают декадно-годовые климатические колебания.

Материалы и методы. Колонка отложений отобрана с использованием модифицированного бура Ливингстона в феврале 2022 года (Kas-17). Верхняя часть колонки (1 м, Kas-17_top) отобрана в феврале 2024 года, с учётом коррекции по плотности осадка мощность второй колонки составила 1,71 м.

Для разреза Kas-17 получено 23 ¹⁴C датировок (Shasherina et al., 2024). Для верхней части Kas-17_top проведён анализ активности радионуклидов (²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs и ²²⁶Ra) с помощью гамма-спектрометра ORTEC GEM-C5060P4-B. Модель возраст-глубина составлена в rplum (Aquino-López et al., 2018) с использованием калибровочной кривой IntCal20 (Reimer et al., 2020) для ¹⁴C датировок и модели Constant Flux Constant Sedimentation для ²¹⁰Pb. Выявлен пик активности ¹³⁷Cs на глубине 35 см, использованный как хронологический маркер. Модели скорости осадконакопления легли в основу расчёта MAR (Bertrand et al., 2024).

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) колонок Kas-17 и Kas-17_top проведён на волнодисперсионном спектрометре «Спектроскан МАКС-GVM» по методике ГОСТ 33850-2016, определены интенсивности и концентрации 27 химических элементов. Концентрации ТОС и N определены сухим сжиганием на CHNS-анализаторе Vario Isotope Cube в ЦКП

«Лаборатория радиоуглеродного анализа и электронной микроскопии» ИГ РАН. На основе концентраций элементов рассчитаны их MAR.

Результаты. Литологическое строение разреза Kas-17 представлено последовательностью илов и ритмитов, отражающих смену условий осадконакопления. Слои 1-2а (0–3,1 м; н.в.–3700 кал. л.н.) – ил органоминеральный, плотный. Слой 2б (3,1–7,25 м; 3700–5800 кал. л.н.) – ил органоминеральный (сапропель). Слой 3 (7,25–9,63 м; 5800–7400 кал. л.н.) – также сапропель. Слой 4 (9,63–15,26 м; 7400–12300 кал. л.н.) – ритмиты, горизонтально слоистые, с чередованием светлых и тёмных прослоев. Слой 5 (15,26–15,47 м; 12300–12500 кал. л.н.) – ил почти черный, массивный. Слой 6 (15,47–16,9 м; 12500–13700 кал. л.н.) – ил черно-серый. Слой 7 (16,9–17,35 м; 13700–13900 кал. л.н.) – ил черноватый, слоистый.

Анализ скоростей осадконакопления и MAR показывает выраженную стратификацию по слоям. В нижней части разреза (слои 7-5) MAR варьируется от 0,1–0,8 г/м²*год при скоростях осадконакопления от 0,1 до 0,28 см/год. В слое с ритмитами (4) выделены два этапа: первый характеризуется высокой скоростью (0,3 см/год) и MAR (0,13 г/м²*год), второй – снижением до 0,1 см/год и MAR 0,2–0,5 г/м²*год. В слоях 3 и 2б скорость варьирует от 0,33 до 0,13 см/год, MAR – от 0,06 до 0,098 г/м²*год. В верхних слоях (1 и 2а) скорость возрастает от 0,035 до 0,19 см/год, MAR – от 0,01 до 0,06 г/м²*год.

Моделирование темпов осадконакопления для Kas-17_top (слой 1), выявило резкий скачок на рубеже середины 19-го века до 0,26 см/год и до 0,15–0,3 г/м²*год соответственно. После пика MAR на рубеже 1990 г. наблюдается его снижение до 0,12–0,09 г/м²*год при дальнейшем повышении линейной скорости осадконакопления до 1,44 см/год, что связано с разуплотнением осадка.

Пиковые значения MAR для Na, Mg, Al, Si, K, и Ti соответствуют пикам скорости накопления общей массы, так как связаны с терригенным веществом. Его поступление в озёрный осадок формирует его основную массу. В слоях 6-7 наблюдается пониженные значения MAR для Ca и S, следовательно, их приток в осадок в данный интервал был снижен. Mn демонстрирует выраженные пики в слоях 6-7 и 5, превышающие амплитуду изменений общего MAR – 4 раза у Mn против двухкратного повышения общего MAR в слоях 6-7, и двухкратное повышение в слое 5. Поступление органогенных C и N было существенно снижено в слоях 6-7 – не наблюдается пики, сопоставимые с двухкратным повышением MAR.

Закключение. Таким образом, динамика скорости осадконакопления в озере Каспля характеризуется высокой скоростью и нестабильностью в позднеледниковье, затем в начале голоцена в условиях формирования ритмитов наблюдается снижение скоростей осадконакопления. Относительно низкий темп осадконакопления сохранялся до середины 19-го века, после чего произошел его резкий рост, со скоростями, сопоставимыми с позднеледниковьем и ранним голоценом. Пик темпов осадконакопления приурочен к началу 1990-ых годов, после чего они снижаются. Тем не менее, интенсивность накопления вещества остаётся существенно выше доиндустриального уровня.

Пиковые значения MAR для терригенных элементов совпадают с максимумами общей скорости осадконакопления, что подчёркивает их ключевую роль в формировании массы осадка. Органогенные компоненты и элементы аутигенного происхождения в слоях 6–7 демонстрируют пониженные значения, указывая на снижение их поступления в данный интервале.

Исследование поддержано Российским научным фондом, проект № 23-77-10063.

Список литературы

1. Шашерина Л.В., Константинов Е.А., Захаров А.Л., Джалилашвили Т.Г. История осадконакопления в озёрах Днепровско-Двинского междуречья в позднеледниковье и

голоцене (на примере оз. Купринское и Каспля) // Перигляциал Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири: материалы Всероссийской научной конференции. Ростов Великий. 2023. 221 с.

2. Aquino-López M., Blaauw M., Christen A., Sanderson N. Bayesian Analysis of ^{210}Pb Dating // Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics. 2018. Vol. 23. Iss. 3. P. 317-333.

3. Bertrand S., Tjallingii R., Kylander M., Wilhelm B., Roberts S.; Arnaud F., Brown E., Bindler R. Inorganic geochemistry of lake sediments: A review of analytical techniques and guidelines for data interpretation // Earth-Science Reviews. 2024. Vol. 249. 104639.

4. Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kromer B., Manning S., Muscheler R., Palmer J., Pearson C., Plicht H., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk G., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62. Iss. 4. P. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>

5. Shasherina L., Alexandrin M., Konstantinov E., Zakharov A., Rudinskaya A. An age and accumulation patterns of laminated sediments of Lake Kasplya (Smolensk region) // LFWB. 2024. Iss. 4. P. 653–658.

Н.В. Анисимов

Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

Nvanisimov1@gmail.com

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВЕРХНЕСУХОНСКОГО (КУБЕНСКО-СУХОНСКОЕ) ПАЛЕООЗЕРА С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РУБЕЖЕ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА (14000-9000 ЛЕТ НАЗАД)

Настоящая статья посвящена исследованию процессов формирования и эволюции Верхнесухонского палеоозера (Кубено-сухононосного) на границе позднего неоплейстоцена и раннего голоцена (примерно 14–9 тыс. лет назад). В работе применены современные геоинформационные технологии и цифровые модели рельефа для реконструкции динамики размеров и конфигурации водного тела на различных стадиях его эволюции. Выполнены оценки высоты над уровнем моря и объема воды в разные периоды, а также реконструкция береговой линии и путей стока. Особое внимание уделено влиянию вертикальных движений земной коры на развитие водоемов и формирование гидрографических траекторий стока.

Ключевые слова: палеореконструкция, палеоозеро, Кубенское озеро, голоцен

N.V. Anisimov

Vologda State University, Vologda, Russia

Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

Nvanisimov1@gmail.com

RECONSTRUCTION OF THE UPPER SUKHKHONSKOE (KUBENSKO-SUKHONSKOE) PALEO-LAKE USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES AT THE BORDERLINE BETWEEN LATE NEOPLEISTOCENE AND HOLOCENE (14,000-9,000 YEARS AGO)

This article is devoted to the investigation of the formation and evolution processes of the Verkhnesukhonsky paleo-lake (Kubeno-sukhonosny) at the boundary between the Late Pleistocene and Early Holocene (approximately 14–9 thousand years ago). The study employs modern GIS technologies and digital elevation models to reconstruct the dynamics of the lake's size and configuration at different stages of its evolution. Estimates of the height above sea level and the water volume for various periods, as well as reconstructions of the shoreline and drainage pathways, were performed. Special attention was given to the influence of vertical crustal movements on the development of the water bodies and the formation of hydrographic drainage trajectories.

Keywords: palaeoreconstruction, palaeo-lake, Kubenskoye Lake, Holocene

Образование ледниками озёр во время Валдайского оледенения существенно повлияло на формирование ландшафта Северной части Восточно-Европейской равнины. Исследование геоморфологии Северо-Западной России велось начиная с середины прошлого столетия разнообразными способами. [1-8; 10; 15]. Основные направления исследований указывают на разделение Скандинавского ледяного щита на четыре региона: континентальный юго-восточный, Приатлантический юго-западный, Баренцевоморский северо-восточный и Балтийский южный. Несмотря на общую схему распределения льда, наиболее слабо изученным остаётся континентальный сектор.

Динамика изменения размера и формы льда была обусловлена чередованием фаз расширения и сокращения, вызванных изменениями климата, топографическими особенностями местности, тектоническими движениями и колебаниями уровня морей. Хотя многие ученые согласились с общей картиной движения ледового покрова последних 32

тысяч лет, точные границы и развитие приледниковых озёр известны лишь фрагментарно.[6] Полностью воссоздать историю образования водоёмов смогли Д.Д. Квасов и М.Г. Гроссвальд [3; 5] до внедрения географического анализа в науки о прошлом Земли. Современные методы позволяют дополнить модели используя цифровые карты поверхности и ископаемые свидетельства.

Объектом изучения стало перигляциальное Верхнесухонское (Кубено-сухоносское) озеро, образованное в процессе деградации, Кубенского ледника Онежско-карельского потока Скандинавского ледника между 18 и 8 тысячами лет назад. Работа демонстрирует динамику уровней приледникового и послеледникового Кубено-Сухонского озера за период позднего неоплейстоцена и начала голоцена. Целью исследования является восстановление уровней палеоводоема позднего неоплейстоцена с использованием геоинформационных технологий с учетом изостатических движений земной коры в интервале времени 18 – 8 тысяч лет назад с шагом в 1000 лет. Задачи исследования включают систематизацию и анализ данных о контурах Верхне-Сухонского, Нижнесухонского, палеоозера за указанный период, выявление основных этапов и особенностей развития этих озера, разработку и тестирование методики реконструкции динамики озер с учетом современного рельефа и данных об изостазии, а также создание цифровых моделей динамики палеоводоема.

Верхнесухонское (Кубено-сухоносское) озеро, появились в позднеледниковом периоде между 20 и 9 тысячами лет назад, согласно данным о возрасте донных отложений. Были определены высотные уровни относительно восстановленных на основе цифровых моделей рельефа высотных уровней поверхности с учетом средних за период изостатических движений. Сейчас оно сохраняется в виде реликтового Кубенского озера, значительно уменьшившись в размере.

Используя геоинформационные технологии и цифровые модели рельефа (ЦМР), а также учитывая вертикальные движения земной коры [7], была создана географическая база данных, отражающая изменения площади Верхнесухонского озера в позднем неоплейстоцене и раннем голоцене. На основе систематизации информации о современных высотных отметках террас палеоозер и полученных данных об изменении палеорельефа были реконструированы изменения относительного уровня в период от 18 до 8 тысяч календарных лет назад.

Особенностью географической базы данных является согласованность данных о времени существования каждого уровня озера. Временная градация с постоянным шагом позволяет интерполировать данные на другие временные промежутки, что необходимо для проверки отдельных стадий развития озёр. Моделирование контуров палеоводоема с учётом реконструкции изменения палеорельефа показало изменение уровней палеотеррас по сравнению с современными на 2–5–10 метров. С учётом вертикальных движений земной коры была создана карта динамики изменения относительного уровня палеоозера в конце позднего неоплейстоцена и раннем голоцене (рис. 1).

Верхнесухонское образовалось во время максимального оледенения и имеют максимальную высоту верхних террас 140–145 метров, которая использовалась для расчётов. Верхнесухонское озеро постоянно меняло направление стока. Сначала оно имело сток на юг в сторону Костромского озера. Затем, после открытия новых порогов стока, озеро получило сток на северо-восток через Воже-Лаченское озеро и на северо-запад через Белозерское озеро к Вытегорскому, а затем через реку Сухону и Северную Двину в Белое море. В это время на рассматриваемой территории значительно изменилось положение водораздела и сократились площади водосборов Балтийского и Каспийского морей.

Полученные данные позволяют уточнить морфометрические и морфологические особенности палеоозера. В дальнейшем планируется учесть влияние Скандинавского ледникового щита на формирование палеоозер с использованием соответствующих реконструкций, имеющих шаг между моделируемыми состояниями границы ледника в 1000 лет, что позволит определить места прорывов, уровни порогов стока, объёмы и направления

стока талых ледниковых вод на разные временные интервалы с учётом неотектонических движений и миграции водоразделов.

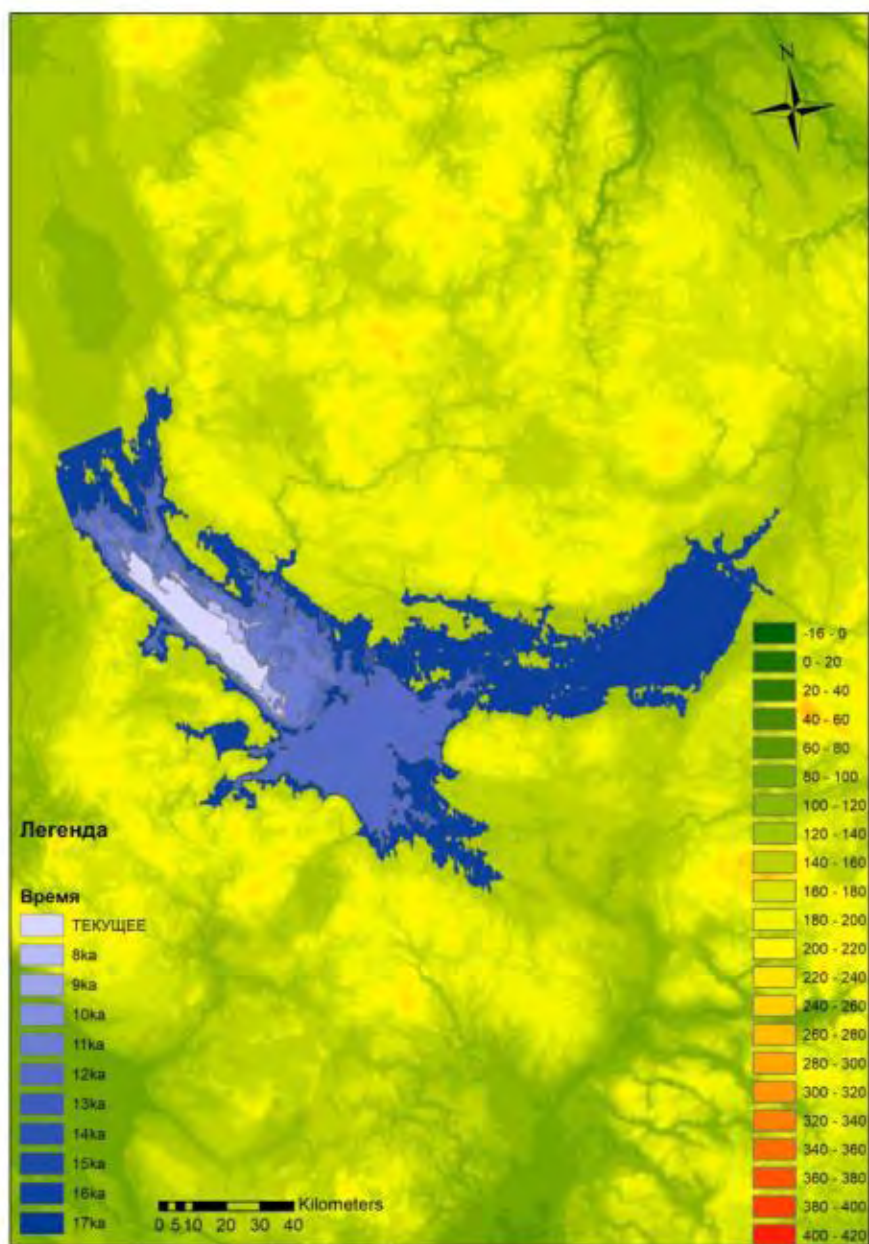


Рис. 1. Динамика площади Верхнесухонское (Кубенско-Сухонское) палеозера в интервале от 17 до 8 тыс. кал. л. н.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-17-00206).

Список литературы

1. Анисимов Н.В., Субетто Д.А., Максимова Н.К. Реконструкция приледниковых озер юго-восточной периферии Скандинавского ледникового щита в неоплейстоцене и голоцене // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2016. № 4(41).
2. Величко А.А., Фаустова М.А. Развитие оледенений в позднем плейстоцене // Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен. Атлас-монография. М.: ГеоС. 2009. С. 32–42.

3. Гросвальд М.Г. Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания // Материалы гляциологических исследований. Вып. 106. 2009. 152 с.
4. История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины. Санкт-Петербург: Наука, 1998. 397 с.
5. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озёр и внутренних морей Восточной Европы. Ленинград: Наука, 1975. 278 с.
6. Лавров А.С., Потапенко Л.М. Неоплейстоцен Северо-востока Русской равнины. Москва: «Аэрогеология», 2005. 221 с.
7. Современные вертикальные движения земной коры Российской Федерации. Масштаб 1:7 500 000. 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://geographyofrussia.com/wp-content/uploads/2015/01/50-51.jpg> (дата обращения: 30.03.2025).
8. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. Санкт-Петербург: Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 348 с.
9. Ferranti J. Digital elevation data [Электронный ресурс]. URL: <http://www.viewfinderpanoramas.org/> (дата обращения: 15.11.2017).
10. Gorlach A., Hang T., Kalm V. GIS-based reconstruction of Late Weichselian proglacial lakes in northwestern Russia and Belarus // Boreas. 2017. 46. P. 486–502.
11. Hughes A., Gyllencreutz R., Lohne Ø., Mangerud J., Svendsen J. The last Eurasian ice sheets: a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1 // Boreas. 2016. 45:1–45. <https://doi.org/10.1111/bor.12142>
12. Larsen E., Fredin O., Jensen M., Kuznetsov D., Lysä A., Subetto D. Subglacial sediment, proglacial lake-level and topographic controls on ice extent and lobe geometries during the last glacial maximum in NW Russia // Quatern. Sci. Rev. 2014. Vol. 92. P. 369–387.
13. Lunkka J., Saarnisto M., Gey V., Demidov I., Kiselova V. Extent and age of the Last Glacial Maximum in the southeastern sector of the Scandinavian Ice Sheet // Global and Planetary Change. 2001. Vol. 31. P. 407–425.
14. Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G., Henriksen M., Hjort C., Krinner G., Lunkka J., Moller P., Murray A., Nikolskaya O., Saarnisto M., Svendsen J. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation // Quaternary Science Reviews. 2004. Vol. 23. P. 1313–1332.
15. Saarnisto M., Saarinen T. Deglaciation chronology of the Scandinavian ice sheet from the lake Onega basin to the Salpausselkä end-moraine // Global Planet Change. 2001. Vol. 31. P. 387–405.

ИСТОРИЯ МЕСТООБИТАНИЙ ЕЛЬНИКОВ АГРОБИОСТАНЦИИ «ЧАШНИКОВО» (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В статье рассматривается голоценовая история двух ельников в окрестностях агробиостанции «Чашниково», находящейся в Солнечногорском районе Московской области. На агробиостанции проходят учебную полевую практику студенты факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, и исследованные ельники являются их традиционными объектами изучения. В истории этих растительных сообществ отразились различные региональные и локальные изменения природной обстановки Подмосковья.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, ельник, голоцен

N.B. Afanaseva

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

astnat@yandex.ru

HISTORY OF SPRUCE FOREST LOCATIONS AT CHASHNIKOVO AGROBIOSTATION (MOSCOW OBLAST)

The article discussed the Holocene history of two spruce forests in the vicinity of Chashnikovo agrobiostation located in the Solnechnogorsky District of the Moscow Oblast. The agrobiostation is a place where students of the Soil Science Faculty of the M.V. Lomonosov Moscow State University have their educational field practice and these spruce forests are a traditional object of their research. The history of these plant communities reflects various regional and local changes in the natural environment of the Moscow Oblast.

Keywords: spores and pollen analysis, spruce forest, the Holocene

Район исследований находится в центре Русской равнины у подножия Клинско-Дмитровской гряды в 40 км к северо-западу от г. Москвы. Исследуемая территория является частью Валдайско-Онежской подпровинции Североевропейской провинции Евразийской таежной (хвойнолесной) области. Расположенный на глинистом плато Клинско-Дмитровской гряды одноименный ботанико-географический район характеризуется распространением еловых лесов с сосной и дубом [2-5; 8]. С.Ф. Курнаев считает основным для региона липово-еловый лес [6].

Первый исследованный фитоценоз – расположенный в 2 км к северо-востоку от г. Солнечногорска классический водораздельный ельник, на котором многие поколения почвоведов, получивших образование в Московском университете, изучали дерново-подзолистые почвы. Второй изучаемый объект находится в 1 км северо-восточнее агробиостанции в транзитном ландшафте на восточном склоне первой террасы р. Клязьмы [1].

Отбор образцов из почвенных разрезов проводился общепринятым методом. В гумусовом горизонте - через 1 см, далее в элювиальном – через 2 см, в горизонте В – через 3-5 см. Близ каждой точки взятия образцов было отобрано по 5 поверхностных проб из подстилки и верхнего сантиметрового слоя почвы. Лабораторная обработка была проведена сепарационным методом В.П. Гричука при концентрировании пылицы кадмиевой жидкостью [7]. Определение таксономической принадлежности пылевых зерен проводилось с использованием классических определителей пылицы и справочной палинотеки. Для

представления результатов спорово-пыльцевого анализа использованы стандартные равномасштабные диаграммы [9].

Оба пыльцевых спектра интерпретировались как локальные, сформированные в закрытых местообитаниях, где влияние регионального пыльцевого дождя минимизировано. При этом учтено, что район д. Чашниково заселен уже с мезолита (рядом находится всемирно известная Льяловская неолитическая стоянка) и давно находится в хозяйственном использовании [1-3].

Зафиксированная в палиноспектре история первого местообитания начинается с периода, когда участие в древостое широколиственных пород (*Ulmus*, *Tilia*) было существенно большим. Исследованный ельник не является коренным. Он образован на месте осветленного березняка с обилием папоротников, на что указывают споры *Polypodiaceae* и *Pteridium*. В этом же слое отмечена пыльца *Geraniaceae*. О том, что это все же был лес, свидетельствует присутствие пыльцы *Lycoperidium*. Постепенно изменяясь, этот березняк сменился елово-широколиственным лесом.

В истории формирующегося ельника, вероятно, была рубка. Елово-широколиственный лес с участием березы был вырублен. Об этом свидетельствует резкое уменьшение в спектре доли пыльцы деревьев и возрастание количества пыльцы трав и спор. В этот период среди трав резко возрастает участие *Caryophyllaceae*, появляются *Lamiaceae*, *Rosaceae*, *Liliaceae*, *Artemisia*, *Plantago* и др. На вырубке разрослись ивы. Об открытии лесного полога говорит также увеличение участия хорошо летучей пыльцы сосны и березы. Вырубка временами заболачивалась, о чем свидетельствует появление, а затем и пик участия спор сфагновых мхов. Отдельные широколиственные элементы после вырубки уже не смогли тогда восстановиться.

С формированием из березняка современного ельника шло закономерное обеднение травяно-кустарничкового яруса леса, отмеченное постоянным уменьшением участия пыльцы трав. При этом по всему профилю встречается в небольшом количестве пыльца *Roaseae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*. Таким образом, этот ельник достаточно молодой, и палинологически не подтверждается мнение о недавно произраставшем здесь елово-дубовом лесу. Водораздельное положение этого местообитания способствует направленному преобразованию вторичного березняка в ельник и далее к зональному климаксовому сообществу. Эти тенденции постоянно прослеживаются и в истории растительности, и в составе современного леса.

Второй изученный лесной массив за свою историю не претерпел серьезных изменений. Спорово-пыльцевая диаграмма его имеет локальный характер. Большая степень постоянства отмечает кривые участия всех видов. В этом местообитании весь изученный период времени был ельник. Сосна и береза присутствовали только в виде примесных пород. Большая часть их пыльцы (всего ее в спектрах 10-30%), вероятно, заносная. В определенный период в прошлом широколиственные породы (их примесь в данном сообществе или окружающей местности) были представлены больше. Вероятно, это отголосок региональных событий. Так же можно интерпретировать увеличение участия пыльцы березы (в пределах 40%) в верхней зоне спорово-пыльцевой диаграммы. Это можно связать с общим современным распространением березняков в окрестностях агробиостанции.

Растительный покров этого местообитания был локально нарушен. В спорово-пыльцевой диаграмме это отмечается повышенным участием спор *Pteridium*, *Sphagnum* и пыльцы *Salix*, разросшихся на вырубке. Однако это локальное событие не оказало существенного влияния на уже сформированный здесь устойчивый биогеоценоз. Группа зеленых мхов – основной представитель мохового покрова в этом местообитании во все изученные временные периоды. Участие папоротников и трав всегда было регулярным и сходным с их участием в современном растительном покрове. Растения семейств *Roaseae*, *Rosaceae*, *Lamiaceae* – постоянные участники травяного покрова этого леса. В верхних горизонтах почвы несколько увеличивается количество пыльцы видов растений, связанных с присутствием человека (*Artemisia*, *Plantago*, *Chenopodiaceae* и др.).

Все время своего существования ельник в этом местообитании был относительно стабилен, и его современный растительный покров не имеет геоботанических признаков перемен. Неморализация растительности и в настоящее время, и в прошлом здесь была выражена достаточно слабо. Из тенденций, отмечаемых в современной растительности и в спектрах пыльцы и спор, можно отметить нитрофикацию, связанную с антропогенной деятельностью.

Список литературы

1. *Абрамова Л.И., Березина Н.А.* Летняя практика по ботанике. М.: Изд-во МГУ, 1988. 84 с.
2. *Алехин В.В.* Геоботанические карты Московской области. (Карта современного растительного покрова и карта восстановленной растительности). М.: Науч.-изд. ин-т Большого Сов. Атласа мира при ЦИКе СССР, 1934. 5 с.
3. *Алехин В.В.* Растительность и геоботанические районы Московской и сопредельных областей. М.: Изд-во МОИП, 1947. 71 с.
4. Атлас Московской области. М.: ГУГК, 1964. 14 с.
5. *Жудова П.П.* Ботанические экскурсии в Чашникове Московской области. М.: Изд-во МГУ, 1963. 162 с.
6. *Курнаев С.Ф.* Основные типы леса средней части Русской равнины. М.: Наука, 1968. 355 с.
7. Пыльцевой анализ. М.: Госгеолиздат, 1950. 572 с.
8. Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. 429 с.
9. *Сладков А.Н.* Введение в спорово-пыльцевой анализ. М.: Наука, 1967. 27 с.

УДК 56.074.6

К.В. Бабешко^{1,2}, Н.Г. Мазей², А.Н. Цыганов², Е.Д. Лапшина³, Е.А. Заров³, С.Ю. Юшковец⁴,
В.А. Чернышов⁴, Ю.А. Мазей²

¹Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне, г. Шэньчжэнь, Китай

²Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

³Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

⁴Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

fytark@yandex.ru

ЗАЛЕСЕНИЕ ТОРФЯНИКОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: КРАТКОСРОЧНЫЕ И ДОЛГОСРОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ТОРФЯНОГО БОЛОТА МУХРИНО

В работе рассматривается долгосрочная и краткосрочная динамика прироста деревьев на границе облесенного торфяника и его открытых участков. За четыре года наблюдений (2014–2018 гг) выявлено сокращение общей базальной площади деревьев. За последние ~1670 лет по данным палеоэкологического анализа наблюдается постепенное иссушение болота с трансформацией растительности в сторону более ксерофильных видов.

Ключевые слова: болота, залесение, палеогидрология, торф

K.V. Babeshko^{1,2}, N.G. Mazei², A.N. Tsyganov², E.D. Lapshina³, E.A. Zarov³, S.Yu. Yushkovets⁴,
V.A. Chernyshov⁴, Yu.A. Mazei²

¹ Shenzhen MSU-BIT University, Shenzhen, China

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³ Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

⁴ Penza State University, Penza, Russia

fytark@yandex.ru

DYNAMICS OF PEATLAND AFFORESTATION IN WESTERN SIBERIA: SHORT- AND LONG-TERM CHANGES BASED ON THE MUKHRINO MIRE CASE STUDY

This study examines the long-term and short-term dynamics of tree growth at the boundary between forested peatland and its open areas. Over four years of observations (2014–2018), a decrease in the total basal area of trees was revealed. Paleoecological analysis data indicate a gradual drying of the peatland over the last ~1670 years, accompanied by a vegetation shift toward more xerophilous species.

Keywords: mire, afforestation, paleohydrology, peat

Ускорение роста глобальной температуры поверхности Земли способствует более активному изменению естественных природных экосистем. Торфяники — это уникальные природные образования, которые чутко реагируют на малейшие изменения климата [1]. В то же время, торфяные болота представляют собой ценный природный архив, в котором хранятся свидетельства антропогенных и климатических изменений в прошлом. Крупные болота Западной Сибири характеризуются своей сложной топографической структурой, которая включает в себя как облесенные (рямы), так и открытые участки. Граница между этими участками представляет собой экотон, чутко реагирующий на изменение климата [5]. Цель работы — исследовать долгосрочную динамику экотона с помощью набора палеоэкологических методов и краткосрочную по результатам измерений базальной площади деревьев за 4-х летний период (2014–2018 гг), а также выявить факторы, влияющие на динамику роста деревьев.

Объект исследования – болото Мухрино, расположенное в 30 км к юго-востоку от Ханты-Мансийска. Для исследований долгосрочной динамики были пробурены три трехметровые скважины на ряме, лужайке с плотным и мочажине с рыхлым обводненным моховым покровом с использованием модифицированного ручного бура Сукачева. Отбор образцов на потери при прокаливании, степень гумификации, ботанический анализ и ризоподный анализ торфа проведен с интервалом 3 см. Определение абсолютного возраста образцов торфа проведено в Институте геохимии Китайской академии наук, г. Гуанчжу, КНР.

Для измерения динамики облесенности за 4-х летний период (2014–2018 гг.) были выбраны пять трансект, расположенных вдоль экотонов между лесистой и открытой частями болота (критерии для их отбора были те же, как описано в работе Ratcliffe et al., 2017 [4]). Были измерены следующие параметры: базальная площадь деревьев *Pinus sylvestris* and *P. sibirica*, уровень болотных вод, pH, общая минерализация, хлорофилл-флюоресценция (Fv/Fm) *Pinus sylvestris* and *P. sibirica*, а также проведен эксперимент по определению степени разложения «чайных пакетиков» по Keuskamp et al., 2013 [3]. Гидрометеорологические данные были взяты из базы, представленной в Dyukarev et al., 2020 [2].

По результатам анализа ботанического состава, ризоподного анализа, степени разложения торфа выявлено стабильное понижение уровня болотных вод начиная с ~1670 кал.л.н., а также смена видов растительности в сторону более ксерофильной на всех трёх биотопах.

В краткосрочной динамике было обнаружено, что за четыре года, с 2014 по 2018 гг, общая площадь погибших деревьев на исследуемых участках увеличилась на 1440 см². При этом был отмечен рост (на 111 см²) подроста (деревья не старше четырёх лет) на всех трансектах. Базальная площадь деревьев положительно коррелировала (индекс Спирмена) с более низким уровнем болотных вод, общей минерализацией и с более высокой степенью разложения. Показатель уровня стресса деревьев Fv/Fm значительно коррелировал со степенью разложения. Уровень болотных вод положительно коррелировал с общей минерализацией и с повышенной степенью разложения «чайных пакетиков». С 2014 по 2018 гг среднегодовая температура воздуха выросла почти на два градуса по Цельсию. Высота снежного покрова за это время уменьшилась, как и количество жидких осадков. Несмотря на выявленное краткосрочное сокращение общей базальной площади деревьев, можно ожидать дальнейшее зарастание торфяника за счет возрастания плотности подроста на ранее незалесенных территориях. Главными факторами, способствующими этому процессу, являются снижающееся увлажнение и возрастающая доступность питательных веществ.

Список литературы

1. Bacon K., Baird A., Blundell A., Bourgault M., Chapman P., Dargie G., Young D. Questioning ten common assumptions about peatlands // Mires and Peat. 2017. Vol. 19. P. 1–23.
2. Dyukarev E., Filippova N., Karpov D., Shnyrev N., Zarov E., Filippov I., Voropay N., Avilov V., Artamonov A., Lapshina E. Hydrometeorological dataset of West Siberian boreal peatland: a 10-year record from the Mukhrino field station // Earth System Science Data Discussions. 2021. Vol. 13. P. 2595–2605.
3. Keuskamp J., Dingemans B. J., Lehtinen T., Sarneel J., Hefting M. Tea Bag Index: A novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems // Methods in Ecology and Evolution. 2013. Vol. 4 Iss. 11. P. 1070–1075.
4. Ratcliffe J., Creevy A., Andersen R., Zarov E., Gaffney P., Taggart M., Mazei Y., Tsyganov A., Rowson J., Lapshina E., Payne R. Ecological and environmental transition across the forested-to-open bog ecotone in a west Siberian peatland // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 31. P. 816–828.

5. *van der Velde Y., Temme A., Nijp J., Braakhekke M., van Voorn G., Dekker S., Teuling A.*
Emerging forest–peatland bistability and resilience of European peatland carbon stores //
Proceedings of the National Academy of Sciences. 2021. Vol. 118. Iss. 38. e2101742118.

А.С. Балыбина, И.Е. Трофимова
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия
balybina@irigs.irk.ru

СРАВНИТЕЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕГО СОСТОЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЧВ РАВНИННЫХ И ОСТРОВНЫХ ЛЕСОСТЕПЕЙ И СТЕПЕЙ ЮГА СИБИРИ

Рассмотрен температурный режим почвы зональной и островной лесостепи и степи юга Сибири. Отмечены основные факторы формирования его пространственной дифференциации.

Ключевые слова: Температурный режим почвы, юг Сибири, зональная и островная лесостепь и степь, равнина, котловина.

A.S. Balybina, I.E. Trofimova
V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia
balybina@irigs.irk.ru

COMPARATIVE GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE LONG-TERM STATE OF THE THERMAL REGIME OF SOILS OF LOWLAND AND ISLAND FOREST-STEPPE AND STEPPE OF SOUTHERN SIBERIA

The temperature regime of the soil of the zonal and island forest-steppe and steppe of southern Siberia is considered. The main factors of the formation of its spatial differentiation are noted.

Keywords: Soil temperature regime, southern Siberia, zonal and island forest-steppe and steppe, plain, basin

Введение. В единой схеме регионального обзора природного разнообразия Степной Евразии определенное место занимает характеристика равнинных (зональных) и островных лесостепей и степей юга Сибири [10]. Зональность западносибирских степных и лесостепных обширных пространств определили широтные изменения показателей тепла и влаги с севера на юг, обусловленные общей равнинностью территории. Несмотря на равнинную поверхность, здесь выделяются крупные орографические элементы рельефа: плато, равнины, низменности. Каждому из элементов свойственна определенная расчлененность: неглубокие западины и озерные котловины, гривы и т.д. Это проявляется в особенностях распространения растительности [6] и почвы [5]. Зональные черты степей нередко затушевываются из-за недостаточного дренажа обводненной поверхности, что вызывает засоление почв. Данное природное явление значительно отличает западносибирские степи от восточноевропейских степей [8]. Островные степи юга Сибири обладают рядом черт, существенно отличающих их от западносибирских равнинных степей. В геоморфологическом отношении они представлены в основном денудационными предгорными и межгорными равнинами Южно-Сибирского горного пояса [1], протянувшегося от равнинных западносибирских степей до забайкальских степей. Более того, степные ландшафты к востоку от Урала, контактирующие с тайгой, не такие же образования, как восточноевропейские, которые тесно взаимосвязаны с широколиственными лесами [3; 7].

При большом количестве оценок компонентов степных ландшафтов или их свойств, в том числе климата приземной атмосферы, недостаточно изучен климат почв. Вместе с тем его важно рассматривать как интегральный эколого-климатический ресурс системы приземная атмосфера – почва, имеющий большое значение в почвообразовании, геохимических, биологических и других природных процессах. Наша работа посвящена

оценке многолетнего состояния климата почвенной толщи до глубины 80 см и закономерностям его распределения в степных и лесостепных ландшафтах юга Сибири.

Многолетний мерзлотно-термический режим почв. *Территория, исходная информация, методические основы анализ.* Территория лесостепи и степи юга Западно-Сибирской равнины простирается с запада на восток от подножий Южного Урала до предгорий Салаирского кряжа и северо-западных отрогов Алтайской горной системы, с севера на юг – от подтайги до северных окраин Казахского мелкосопочника. На юге Средней Сибири наши исследования относятся к островным лесостепям и степям котловин: Назаровской, Канской, Минусинской. Одним из важнейших показателей климата почвы является термический режим. Его оценка базируется на опубликованных многолетних данных, получаемых в результате наблюдений на сети метеорологических станций. Одно из условий – они должны быть хорошо ориентированы на решение сравнительно-географических задач, что достигается в результате использования одного и того же периода наблюдений на всех метеостанциях и единой методике наблюдений, обработки и анализа. Из характеристик летнего прогревания и зимнего охлаждения почвы до глубины 80 см анализируется июльская и январская температура на стандартных глубинах измерения. Рассматриваются сезонное промерзание и оттаивание почв, глубина проникновения температуры 15 °С и другие характеристики.

Результаты исследований. По имеющимся данным в западносибирских степях средняя месячная июльская температура почвы в толще 20–80 см различается на 6,0–6,5 °С (Алтайский край, Омская область). Самые высокие значения отмечены на метеостанциях Славгород, Алейская, Рубцовск, Родино (22,7–20,6, 21,3–18,2 и 18,0–15,3 °С соответственно на глубинах 20, 40 и 80 см). Преобладающие по площади показатели составляют 20,0–18,5, 18,5–15,8 и 15,5–14,5 °С соответственно на тех же глубинах. Температура выше 15 °С наблюдается в июне–августе до глубины 40 см, глубже она зафиксирована не на всех площадках метеостанций. Средняя месячная январская температура варьирует в пространстве от –7,0 до –9,8 °С на глубине 20 см, на 80 см от –2,0 до –6,2 °С. Причем самому сильному летнему прогреванию почвы соответствует наибольшее зимнее охлаждение, которое незначительно продолжается и в феврале. Отрицательная температура почвы составляет 5 месяцев (ноябрь–март) на глубине 20 см, 4 месяца (январь–апрель) на глубине 80 см. Охлаждению почвы зимой, которое в западносибирских степях относительно сильное, сопутствует малая мощность (20–30 см) снежного покрова. Средняя годовая температура почвы в толще 20–80 см на всех метеостанциях положительная и составляет около 5 °С. Температура почвы в пространстве весьма изменчива. Она не создает четкой границы между степными и лесостепными просторами. Одинаковые её значения встречаются и в том, и в другом случаях. Однако, подчиняясь выраженному увеличению поступления тепла на земную поверхность по мере движения с севера на юг, в лесостепи июльская температура несколько ниже, чем в степи. Зимнее охлаждение почвы и её сезонное промерзание в лесостепи, обусловленное некоторым увеличением мощности снежного покрова (30–40 см), наоборот, слабее, чем в степи. Примеры распределения температуры в пространстве и по глубине приведены на рисунке.

Температурный режим почвы рассматриваемой территории обусловлен влиянием комплекса значимых климатических показателей и индексов теплого и холодного сезонов года. На общем фоне хорошо организованной единой западносибирской климатической системы [9] лесостепная территория отличается умеренно засушливым теплым летом, умеренно холодной малоснежной зимой. Сумма средней суточной температуры воздуха выше 10 °С и ниже –10 °С составляет от 1900 до 2100 °С и от –2200 до –1700 °С соответственно, индекс сухости 2,0–2,5. Температура воздуха июля варьирует от 18 до 20 °С, января от –18 до –20,5 °С.

Степная территория выделяется засушливым очень теплым летом, умеренно холодной малоснежной зимой. Температура воздуха в июле изменяется от 18,5 до 21,0 °С, в январе – от –17 до –19,5 °С. Сумма средней суточной температуры воздуха выше 10 °С и ниже –10 °С

составляет от 2100 до 2400 °С и от –2200 до –1700 °С соответственно, индекс сухости 2,5–3,5.

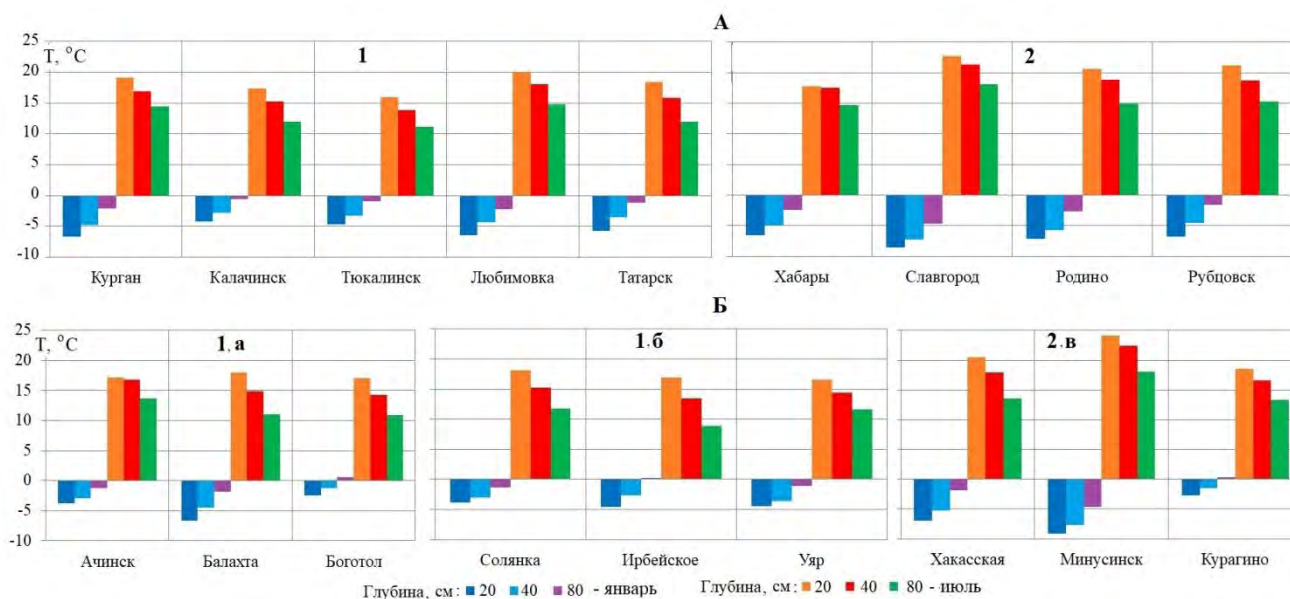


Рис. 1. Пространственное распределение температуры почвы на разных глубинах в лесостепи и степи юга Сибири (А – юг Западной Сибири, Б – юг Средней Сибири; 1 – лесостепь, 2 – степь;

а – Назаровская котловина, б – Канская котловина, в – Минусинская котловина)

Лесостепные и степные ландшафты юга Средней Сибири не образуют сплошного широтного пояса, а распространяются в виде отдельных участков (островов) различной площади, приуроченных к межгорным котловинам и предгорным впадинам, долинам рек, южным склонам и некоторым другим типам местоположений. На региональном фоне природно-климатических условий юга Средней Сибири в каждой котловине формируется особый, свойственный только ей климат, играющий первостепенную роль в формировании термического режима почв. Назаровская котловина расположена в окружении гор и представляет собой предгорную равнину с грядовым и холмисто-увалистым рельефом [4]. На большей части её территории распространена лесостепь. Для площадок метеостанций (Ачинск, Боготол) характерен суглинистый чернозем. Почвенная толща 20–80 см летом слабо прогревается, а зимой слабо охлаждается. Температура выше 15 °С проникает не глубже 40 см. Отрицательная температура сохраняется 4–5 месяцев (в основном декабрь–март). Средняя годовая температура имеет положительное значение (4 °С). Несколько сильнее охлаждается суглинистый типичный чернозем на метеостанции Балахта, расположенной в котловине южнее Солгонского кряжа (см. рис.). Вдоль северо-восточного подножья Восточного Саяна простирается Канская лесостепная котловина, представляющая собой расчлененные холмисто-увалистые равнины. Для площадок метеостанций Солянка, Уяр и Ирбейское свойственен суглинистый выщелоченный чернозем, который до глубины 80 см летом слабо прогревается, а зимой слабо охлаждается во всех рассматриваемых местоположениях. Более того, термические режимы почвы до глубины 80 см в отмеченных местоположениях подгорных лесостепных котловин достаточно близки (рис. 1). По многим природным признакам Назаровская и Канская котловины отнесены к Канско-Чулымской подтаежно-лесостепной предгорно-котловинной физико-географической провинции [3]. Они расположены в большом удалении от морей и океанов и относятся к зоне некоторого ослабления воздушных масс атлантического происхождения и большого влияния арктического воздуха. Несколько увеличивается континентальность климата в восточном направлении. Климатические показатели, определяющие термический режим почвы,

различаются мало: температура приземного слоя воздуха в июле варьирует от 17,5 до 18,5 °С, в январе от –18 до –22 °С, мощность снежного покрова составляет 20–30 см.

Природа и Минусинской котловины определяется расположением в центральной части материка и находится под непосредственным влиянием горно-котловинного рельефа. Компоненты её степных ландшафтов широко описаны в работе [2]. В частности, климатические показатели, определяющие температуру почвы на площадках метеостанций Хакасская, Минусинск и Курагино изменяются незначительно. Летом сильнее всего прогревается супесчаная почва в Минусинске, но она и сильнее охлаждается зимой, чем темно-каштановый суглинок (Хакасская) и суглинистый чернозем (Курагино). Отрицательная температура до глубины 80 см сохраняется около 5 месяцев (ноябрь–март), температура выше 15 °С наблюдается в июне–августе. Средняя годовая температура почвенной толщи составляет 4 °С (см. рис.). Естественно, в пределах котловины зимнее охлаждение и летнее прогревание почвы может несколько отличаться от приведенных на рисунке данных.

Заключение. Проведенные исследования термического режима почвенной толщи 20–80 см в зональной и островной лесостепи и степи юга Сибири выявили ряд особенностей. Летнее прогревание почвы на юге Западной Сибири постепенно повышается по мере движения от лесостепи к степи, а зимнее охлаждение почвы, обусловленное малой мощностью снежного покрова, в том же направлении усиливается. В котловинах юга Средней Сибири сохраняется та же тенденция – летом почвы в лесостепигреваются слабее, чем в степи, а зимой в лесостепи они слабее охлаждаются, чем в степи. Хотя могут быть и другие соотношения летнего прогревания и зимнего охлаждения почв. В целом на юге Сибири термический режим почв лесостепей и степей имеет близкие характеристики.

Работа выполнена в рамках темы НИР (АААА–А21–121012190059–5).

Список литературы

1. Баженова О.И. Современная денудация предгорных степных равнин Сибири. Новосибирск: «Гео», 2018. 260 с.
2. Бальжинова Л.Б., Башалханов И.А., Буфал В.В. Природные режимы степей Минусинской котловины. Новосибирск: Наука, 1976. 237 с.
3. Бессолицына Е.П., Какарека С.В., Крауклис А.А., Кремер Л.К. Геосистемы контакта тайги и степи: юг Центральной Сибири. Новосибирск: Наука, 1991. 217 с.
4. Буфал В.В., Савельева И.Л., Турушина Л.А. Природа и хозяйство района первоочередного формирования КАТЭКа. Новосибирск: Наука, 1983. 261 с.
5. Ковалев Р.В., Трофимов С.С. Географические закономерности распределения почвенного покрова Западной Сибири // Географические проблемы Сибири. Новосибирск: Наука, 1972. С. 68–106.
6. Лапина Е.И., Лавренко Н.Н. Степная растительность // Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. С. 161–177.
7. Михеев В.С. Ландшафтный синтез географических знаний. Новосибирск: Наука, 2001. 216 с.
8. Сочава В.Б. Географические аспекты сибирской тайги. Новосибирск: Наука, 1980. 256 с.
9. Трофимова И.Е., Балыбина А.С. Классификация климатов и климатическое районирование Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. 2014. № 2. С. 11–21.
10. Чибилёв А.А. Степная Евразия: региональный обзор природного разнообразия. М., Оренбург: Институт степи РАН; РГО, 2017. 324 с.

Д.В. Баранов, А.В. Панин, Н.Е. Зарецкая, А.С. Сыроватко
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
dm_baranov@igras.ru

ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОРЕЛЬЕФА АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА СОКОЛОВА ПУСТЫНЬ

Результатом палеогеоморфологических исследований 2024 года на археологическом памятнике Соколова Пустынь (Московская обл.) является предварительная реконструкция истории развития долины р. Оки на данном участке. Установлено, что аллювий низкой террасы перекрыт толщей эоловых отложений, что подтверждается характерным рельефом поверхности. На основании бурения и радиоуглеродного датирования органического материала аллювия сделан вывод, что в раннем голоцене у подножия уступа террасы располагалось русло (или рукав) р. Оки, которое в дальнейшем заполнилось отложениями и в последние тысячи лет представляет собой заболоченное старичное понижение.

Ключевые слова: Ока, пойма, терраса, радиоуглеродное датирование, эол

D.V. Baranov, A.V. Panin, N.E. Zaretskaya, A.S. Syrovatko
Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
dm_baranov@igras.ru

THE PALEOLANDSCAPE FEATURES OF THE ARCHAEOLOGICAL SITE SOKOLOVA PUSTYN

The result of paleogeomorphological research in 2024 at the archaeological site of Sokolova Pustyn (Moscow Region) is a preliminary reconstruction of the Oka River valley evolution in this area. We have established that a layer of eolian deposits, which is confirmed by the characteristic landscape of surface, covers the alluvium of the low terrace. Based on drilling and radiocarbon dating of the organic material in the alluvium, it was concluded that in the early Holocene, at the foot of the terrace ledge, there was a channel (or branch) of the Oka River, which was subsequently filled with sediments and in the last thousand years has been a swampy oxbow depression.

Keywords: Oka River, floodplain, terrace, radiocarbon dating, Aeolian sediments

Введение и район работ. Памятник Соколова Пустынь на левобережье р. Оки в окрестностях г. Ступино (Московская область) известен с середины XX века, однако стационарные раскопки начались в последние десятилетия [1, 2]. С 2019 года на памятнике проводятся палеогеографические исследования. Для выяснения палеогеоморфологического строения левобережья р. Оки в 2024 году был заложен буровой профиль вкrest простираения долины, состоящий из основной (3 скв.) и дополнительной (1 скв.) части.

Результаты. На левобережной части долины р. Оки в окрестностях археологического памятника Соколова Пустынь выделяется пойма шириной порядка 200 – 250 м и серия террасовидных ступеней невыдержанной ширины и высоты над урезом. Скважинами было установлено геологическое строение этих поверхностей. Аллювий поймы мощностью не менее 10 м залегает непосредственно на коренных известняках: пойменная фация (мощностью порядка 3 м) представлена суглинками с прослоями тонкого песка, русловая – песками от мелко- до крупнозернистых с гравием и обломочным материалом в основании. По органическому материалу в подошве аллювия получены радиоуглеродные даты возрастом 9,5 кал. тыс. л.н.

В тыловой (северной) части поймы в рельефе хорошо выражено старичное понижение, протягивающееся вдоль террасового уступа в субширотном направлении. Скважина в тальвеге ложбины вскрыла её строение: под пойменным аллювием залегает

мощная толща оторфованных суглинков, местами с прослоями торфа – предположительно, заполнение палеорусла. Возраст торфа в верхней части заполнения составляет порядка 1,5 – 2 кал. тыс. л.н. Ранее было установлено, что пойменная фация аллювия в ложбине, также обогащённая органикой, имеет возраст последних двух тысяч лет.

На террасовидной поверхности скважиной вскрыты однородные мелко-среднезернистые пески без обломочных включений. Предполагается, что это эоловые отложения, которые образовались вследствие раздува и передувания незадернованных песчаных поверхностей в долине р. Оки. Об этом свидетельствует и широкое распространение эоловых форм рельефа на поверхности террасы. Подстилаются эти пески двумя пачками песчаных отложений, размерность которых увеличивается вниз по разрезу. Вероятнее всего, это аллювий низкой террасы р. Оки. В основании террасы – известняки коренных пород.

Обсуждение результатов и выводы. Проведённые работы позволяют сделать предварительную реконструкцию палеорельефа территории археологического памятника Соколова Пустынь. Терраса, на которой располагается памятник, после своего формирования претерпела эпизод значительного рельефообразования в результате активного действия эоловых процессов. Русло р. Оки (или протока русла) в раннем голоцене располагалось севернее современного, у подножия уступа террасы. Позднее русловая ложбина потеряла связь с (основным) руслом и стала заболачиваться и заторфовываться. В последние тысячи лет весь пойменный сегмент функционировал в едином режиме накопления пойменного наилка.

Коллектив авторов благодарит студентов-археологов, принимавших участие в полевых палеогеоморфологических исследованиях на памятнике Соколова Пустынь. Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Потёмкина О.Ю., Сыроватко А.С., Клещенко Е.А. Соколова Пустынь – новый погребальный памятник позднедьяковского времени // КСИА. 2013. Вып. 230. С. 260–266.
2. Сыроватко А.С., Гусева В.П. Кремация с погребальной конструкцией могильника Соколова Пустынь // КСИА. 2023. Вып. 272. С. 247–258.

КРАТКИЙ ОБЗОР ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЛЕКСНЫХ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОЛОЦЕНА СРЕДНЕКАМЬЯ

Настоящая работа представляет компиляцию основных результатов многолетних комплексных палеоэкологических исследований голоцена Среднекамья [1; 2; 3; 4] в тесной взаимосвязи с данными региональной археологии и с привлечением палинологического, антракологического, археоботанического, изотопного и радиоуглеродного методов исследования, а также анализа потерь при прокаливании.

Ключевые слова: голоцен, средняя Кама, пылевой анализ, палеоэкологические реконструкции

Ландшафтно-климатические реконструкции. В раннем и начале среднего голоцена (~9300-7400 кал. л.н.) на Средней Каме господствовал сухой континентальный климат, а региональные ландшафты представляли собой открытые сосново-берёзовые леса с небольшой примесью ели и широколиственных пород. Открытые участки лесов занимали полынно-злаковые степи сибирского типа. В течение среднего голоцена (~7400-4900 кал. л.н.) происходило постепенное увлажнение климата, сопровождавшееся распространением южнотаёжных елово-сосново-берёзовых лесов с возросшим участием широколиственных видов. Рубеж среднего и позднего голоцена (~4900-4000 кал. л.н.) соответствует периоду максимальной гумификации климата, выраженной в значительной экспансии южнотаёжных лесов наряду с широким распространением ольшаников в речных долинах. Первая половина позднего голоцена (~4000-2000 кал. л.н.) характеризуется умеренно-влажными и наиболее тёплыми, в сравнении с другими периодами голоцена, условиями. В это время в регионе происходит формирование и распространение пихтово-елово-гемибореальных лесов с обилием широколиственных пород – вяза, дуба и липы. Начиная со второй половины позднего голоцена (с ~2000 л.н.) климат и ландшафты региона приобретают квазисовременный облик – на Средней Каме распространяются пихтово-еловые и вторичные сосново-берёзовые леса, значительные участки занимают луга, рудеральные сообщества и сельскохозяйственные угодья.

Реконструкция взаимодействия природы и общества. Антропогенное влияние на экосистемы Средней Камы начало проявляться со времён энеолита (с ~5300 кал. л.н.). Последующий рост популяции в бронзовом веке (~4100-3000 кал. л.н.), появление производящей экономики и внедрение скотоводства привели к открытию региональных ландшафтов. В раннем железном веке (~3000-1500 кал. л.н.) происходит значительное увеличение плотности населения, становление развитого пойменного животноводства и террасного подсечно-огневого земледелия (~2400 кал. л.н.) с применением органических удобрений, а также освоение междуречных пространств, вкуче обусловивших дальнейшее увеличение разреженности растительного покрова и крупномасштабные пожары. Однако последующее ухудшение климатических условий на рубеже раннего железного века и средневековья (~1500 кал. л.н.) спровоцировало рост конкуренции за природные ресурсы и привело к культурным трансформациям и миграционным процессам в регионе, что обернулось резким падением плотности населения и частичной регенерацией природных экосистем. Восстановление плотности населения и возобновление умеренного антропогенного прессинга началось в XVIII веке и заметно усилилось в последние 300 лет в

период русской колонизации Прикамья, что выразилось в проведении крупномасштабных рубок, распространении вторичных лесов, рудеральных сообществ и сельскохозяйственных угодий.

Реконструкция пожарной истории. Антракологический анализ торфяных разрезов свидетельствует о высокой пожарной активности в регионе в период мезолита (9200-7400 кал. л.н.), энеолита (5300-4300 кал. л.н.), а также начиная с раннего железного века (~ с 2300 кал. л.н.). По всей видимости, высокая частота пожаров в мезолите обуславливалась сухим климатом этого периода, тогда как энеолитические пожары, очевидно, были связаны с антропогенной деятельностью энеолитических культур, компактно проживающих в долине Камы и её притоков. Ранний железный век характеризуется максимальной частотой и интенсивностью пожаров в регионе, по-видимому, связанных с внедрением подсечно-огневого земледелия, освоением междуречных пространств, и, в меньшей степени, с ритуальной активностью населявших долину Камы культур.

Работа выполнена при финансовой поддержке DFG, проект № 462653676 (<https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/462653676>).

V. Batalova¹, E. Orlova², M. Pereskokov², P. Sannikov², L. Shumilovskikh¹

¹*University of Göttingen, Göttingen, Germany*

²*Perm State University, Perm, Russia*

vlada1996batalova@mail.ru

A BRIEF OVERVIEW OF KEY RESULTS FROM COMPREHENSIVE PALAEOECOLOGICAL STUDIES OF THE HOLOCENE IN THE MID-KAMA REGION

This work presents a compilation of the key results of comprehensive paleoecological research conducted by the author group [1; 2; 3; 4], closely interlinked with regional archaeological data and using palynological, macrocharcoal, archaeobotanical, isotopic, and radiocarbon methods, as well as loss-on-ignition analysis.

Keywords: Holocene, middle Kama, palynological analysis, paleoecological reconstructions

Landscape and climate reconstructions. In the Early and the beginning of the Middle Holocene (~9300-7400 cal yr BP), the Middle Kama region experienced a predominantly dry continental climate, characterized by open pine-birch forests with a minor admixture of spruce and broadleaf species. Open areas within these forests were occupied by Siberian-type wormwood-grass steppes. Throughout the Middle Holocene (~7400-4900 cal yr BP), there was a gradual increase in climate humidity, accompanied by the spread of southern taiga spruce-pine-birch forests with an increased presence of broadleaf species. The transition between the Middle and Late Holocene (~4900-4000 cal yr BP) corresponds to a period of maximum climatic humification, marked by a significant expansion of southern taiga forests alongside widespread alders in river valleys. The first half of the Late Holocene (~4000-2000 cal yr BP) is characterized by moderately humid and the warmest conditions relative to other Holocene periods. During this time, the region witnessed the formation and expansion of fir-spruce-hemi-boreal forests with an abundance of broadleaf species, including elms, oaks, and linden. Beginning in the second half of the Late Holocene (from ~2000 cal yr BP), the climate and landscapes of the region began to take on a quasi-modern appearance, with the spread of fir-spruce and secondary pine-birch forests, alongside significant areas of meadows, ruderal communities, and agricultural lands.

Reconstruction of human-environmental interactions. The anthropogenic impact on the Mid-Kama ecosystems began to manifest during the Eneolithic (~5300 cal yr BP). The subsequent population growth during the Bronze Age (~4100-3000 cal yr BP), the emergence of a productive economy, and the introduction of pastoralism led to the opening of regional landscapes. In the Early Iron Age (~3000-1500 cal yr BP), there was a significant increase in population density, the establishment of advanced floodplain livestock farming, and terrace slash-and-burn agriculture

(~2400 cal yr BP) utilizing manuring with dung. This was accompanied by the exploration of interfluvial areas, collectively resulting in increased opening of the landscapes and large-scale fires. However, the subsequent deterioration of climatic conditions at the turn of the Early Iron Age and the Medieval period (~1500 cal yr BP) provoked heightened competition for natural resources and led to cultural transformations and migratory processes in the region, resulting in a sharp decline in population density and partial regeneration of natural ecosystems. The recovery of population density and the resumption of moderate anthropogenic pressure began in the 18th century and significantly intensified over the last 300 years during the Russian colonization. This was manifested in large-scale logging, the spread of secondary forests, ruderal communities, and agricultural lands.

Reconstruction of fire history. Macrocharcoal analysis of peat cores indicates high fire activity in the region during the Mesolithic (~9200-7400 cal yr BP), Eneolithic (~5300-4300 cal yr BP), as well as from the onset of the Early Iron Age (~2300 cal yr BP). It appears that the high frequency of fires during the Mesolithic was due to the dry climate of that period, whereas the Eneolithic fires were likely associated with the anthropogenic activities of Eneolithic cultures that were densely populated in the Kama River basin and its tributaries. The Early Iron Age is characterized by the maximum frequency and intensity of fires in the region, which seem to be linked to the implementation of slash-and-burn agriculture, the exploration of interfluves, and, to a lesser extent, the ritual activities of the cultures inhabiting the Kama River valley.

Список литературы

1. Batalova V., Sannikov P., Kopytov S., Novikova E., Pereskokov M., Mingalev V., Orlova E., Vyazov L., Shumilovskikh L. Palaeoecological signals of floodplain and terrace peatlands highlight ancient land-use features in the Mid-Kama Valley (cis-Urals, Russia). *Anthropocene*. 2025.
2. Batalova V., Sannikov P., Pereskokov M., Mingalev V., Vyazov L., Salova J., Novikova E., Mekhonoshina E., Orlova E., Shumilovskikh L. Natural conditions and sociocultural development in the Mid-Kama region (cis-Ural, Russia) over the last ten millennia: insights from the Shabunichi-1 peat core // *Vegetation History and Archaeobotany*. 2025. Vol. 34. P. 439–458. <https://doi.org/10.1007/s00334-024-01025-4>
3. Orlova E., Batalova V., Schlütz F., Pereskokov M., Shumilovskikh L. Archaeobotanical and isotope studies evidence crop cultivation already in the Early Iron Age in the boreal forests of cis-Urals (Kama River) // *Vegetation History and Archaeobotany*, in press. 2025. <https://doi.org/10.1007/s00334-025-01053-8>
4. Shumilovskikh L., Schmidt M., Pereskokov M., Sannikov P. Postglacial history of East European boreal forests in the mid-Kama region, pre-Urals, Russia // *Boreas*. 2020. Vol. 49. P. 526–543. <https://doi.org/10.1111/bor.12436>

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛОСЯ (*ALCES* SP.) В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В ГОЛОЦЕНЕ

В статье обобщены данные о находках лосей из многочисленных голоценовых местонахождений. Эти данные позволяют рассмотреть распространение лося в Восточной Европе и Азии. Охвачен период с раннего до конца позднего голоцена.

Ключевые слова: лось, ареал, голоцен

O.P. Bachura, P.A. Kosintsev

*Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russia*

olga@ipae.uran.ru

DISTRIBUTION OF MOOSE (*ALCES* SP.) IN THE NORTHERN EURASIA DURING THE HOLOCENE

The article summarizes data on moose finds from numerous localities of the Holocene. These data allow us to describe distribution of moose in Eastern Europe and Asia. The period from the beginning of the Early Holocene to the end of the Late Holocene was covered.

Keywords: moose, areal, the Holocene

В настоящее время лось является широко распространенным в Евразии видом, трофически тесно связанный с древесно-кустарниковой растительностью. Выделено две морфологические и хромосомные расы (полувиды): *Alces alces* (Linnaeus, 1758) и *Alces americanus* (Clinton, 1822). Граница между этими двумя расами проходит вдоль реки Енисей [7]. Мы рассматриваем лося как один таксон, что основано на их экологическом сходстве. Распространение лося в голоцене в Западной Европе подробно рассмотрено в литературе [8].

Проанализированы данные из более чем 1000 археологических, пещерных местонахождений, содержащих остатки лося. Из этих местонахождений по костям лося получено 174 радиоуглеродные даты, которые охватывают период от конца плейстоцена (аллерёд – поздний дриас, 13900-11700 л.н.) до современности. Остальные местонахождения датированы на основании радиоуглеродных дат по костям других животных, керамике, древесине и т.п., а также по данным археологии. В работе используется уточненная схема голоцена Блитте – Сернандера [6]. Кроме сведений о костных остатках животных нами учтены данные о петроглифах, где встречаются изображения лося. Изученные местонахождения позволяют рассмотреть распространение лося в Восточной Европе и Азии (рис. 1). Изменение границ ареала в историческое время подробно уже рассматривалось рядом авторов [3] и в данной работе мы не касаемся этого времени.

Конец позднего плейстоцена (аллерёд – поздний дриас). Радиоуглеродные даты и, в целом, находки остатков лося этого времени немногочисленны. Лоси обитали на Кавказе, юге и западе Восточной Европы, на Северном Урале вплоть до 62° с.ш., Минусинской впадине, в Прибайкалье, в Якутии до среднего течения реки Колымы, а также в бассейне реки Лена до 53° с.ш. (рис. 1).

ГОЛОЦЕН. Европейская часть. В пребореальном и в начале бореального периода (10,3–8,9 тыс. л.н.), северная граница распространения лося в центральной части Русской равнины и на востоке Скандинавского полуострова проходила не южнее 62° с.ш. (рис. 1). Позднее (8,9–8,0 тыс. л.н.) на Русской равнине, вероятно, северная граница распространения

лося оставалась неизменной. С началом атлантического периода (8,0 тыс. л.н.) происходит заметное продвижение ареала лося к северу до 65° с.ш. К середине атлантического периода (около 7,0 тыс. л.н.) лось расселился до 68° с.ш. на Скандинавский полуострова (рис. 1) и заселил Кольский полуостров. Южная граница, из-за небольшого количества местонахождений, может быть определена условно. Она, вероятно, проходила севернее 50° с.ш. В местонахождениях суббореального (4,6–2,6 тыс. л.н.) и в начале субатлантического периодов (2,6–1,8 тыс. л.н.) основное количество находок лося сосредоточено до широты 62°–63°. Отдельные находки встречаются до широты 67°–68° (рис. 2), что связано с небольшим количеством местонахождений с костными остатками. В настоящее время на Кольском полуострове лось заходит до 70° с.ш. Вероятно, в конце среднего и в начале позднего голоцена северная граница ареала лося существенно не изменилась по сравнению с предыдущим периодом. В то же время южная граница распространения лося в европейской части ареала в этот период располагалась намного южнее и доходила практически до побережья Черного моря (до 46° с.ш.). Позднее в середине субатлантического периода северная граница распространения лося оставалась неизменной, а южная сдвинулась к северу примерно на 200 км (до 47°–48° с.ш.) (рис. 2). В Крыму остатков лося не найдено.

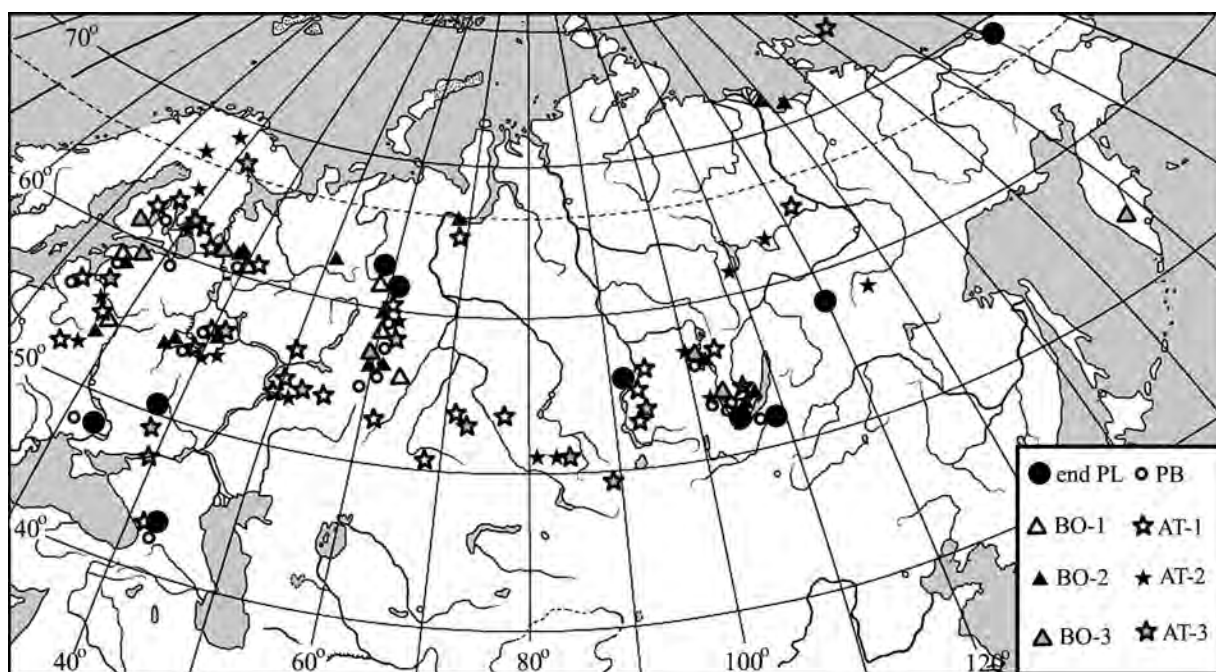


Рис. 1. Находки лося (*Alces* sp.) в раннем (PB-AT1) и первой половине среднего голоцена (AT2-3) (end PL – конец позднего плейстоцена; PB – пребореальный период; BO-1-3 – бореальный период; AT-1-3 – атлантический период) [6]

Кавказ. На Кавказе лось обитал с позднего плейстоцена вплоть до 18 века, где его ареал совпадал с ареалом лесной растительности. Вероятно, территория его распространения на Кавказе проходила на Закубанской и Терско-Сунжинской равнины, приморским территориям Абхазии и Колхидской низменности [1].

Урало-Поволжье. В лесостепном и степном Поволжье остатки лося известны с начала атлантического периода. Ареал его оставался стабильным до XVIII века, а южная граница проходила, вероятно, около 51° с.ш. [2]. На Урале лось становится обычным видом с начала раннего голоцена, когда его северная граница проходила по 62° с.ш. Уже в середине бореального периода (около 9 тыс. л.н.) лось расселился до 64° с.ш. и наблюдались отдельные заходы лося дальше к северу до побережья Обской губы (рис. 1). Южная граница ареала лося в бореальное и атлантическое время на Урале проходила, вероятно, по границе современной лесостепной зоны (около 56° с.ш.). Позднее, в суббореальный период, южная граница в

Предуралье и Зауралье значительно смещается на юг до участка широтного течения реки Урал (51° с.ш.). В то же время северная граница основного ареала так же продвинулась до границы лесотундровой зоны (65° с.ш.) (рис. 1, 2). В атлантический период северная граница осталась неизменной, но по берегам рек наблюдались заходы лосей в тундровую зону (рис 1). Южная граница постепенно смещается к северу и с конца позднего голоцена не выходила за пределы лесостепной зоны.

Западная Сибирь и Казахстан. Большая часть находок на севере относится к позднему голоцену. Все находки сосредоточены в Приобье, ближе к Уралу, в северной и в южной части Западной Сибири. В связи этим невозможно сказать о его распространении в центральной части западносибирской равнины. Для ранних периодов имеется несколько находок, которые показывают, что как минимум с атлантического периода в Западной Сибири лоси были распространены до 64° с.ш. В более позднее время северная граница проходила по границе лесотундровой зоны. На юге Западной Сибири лось с начала атлантического периода был распространен преимущественно до 55° с.ш. (рис. 1). В конце атлантического и в суббореальный периоды находки лося известны из более южных районов, до 47° с.ш., а также на Алтае, Восточном Казахстане и до границы с Монголией (рис. 1, 2). На территории Северного Казахстана в суббореальное время (SB-1 и SB-2) реконструируют умеренно теплый и влажный климат, а граница лесостепной зоны проходила примерно по 53° с.ш. Вероятно, благоприятные климатические условия позволили лосю расселиться почти на 800 км к югу. Позднее в начале позднего голоцена климатические условия становятся засушливыми, граница лесостепи сдвигается к северу, а вместе с ней и южная граница ареала лося до состояния на начало атлантического периода. В середине XX века основная часть ареала лося проходила примерно по 54°–55° с.ш., но известны заходы далеко к югу до 48° с.ш. [3].

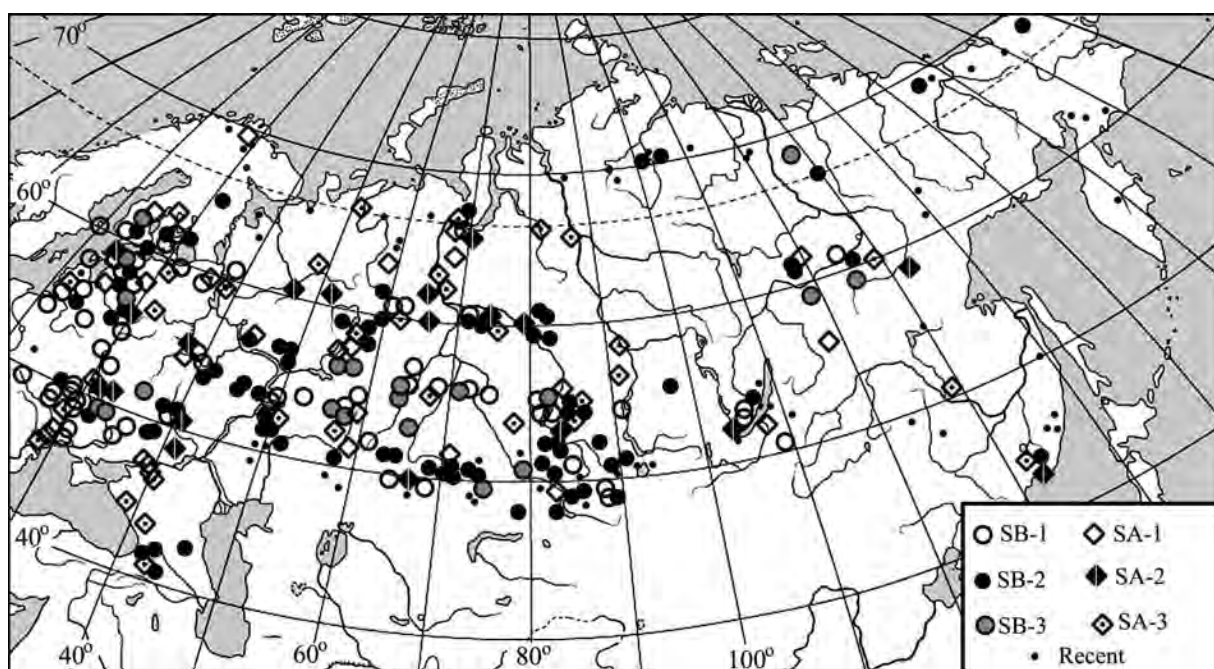


Рис. 2. Находки лося (*Alces* sp.) во второй половине среднего (SB1) и в позднем голоцене (SB2-SA1-3)

SB-1-3 – суббореальный период; SA-1-3 – субатлантический период [6]; Recent – современные крайние точки распространения лося

Восточная Сибирь. Находок лося в Якутии пребореального времени неизвестно. В Прибайкалье и на Среднесибирском плоскогорье в начале раннего голоцена лось, вероятно, обитал не севернее 55°–57° с.ш. (рис. 1). В бореальном и атлантическом периоде здесь северная граница ареала лося продвинулась не больше чем на 1000 км (рис. 1, 2). В то же

время в бассейне р. Лена найдены остатки лося бореального и атлантического времени на широте 71°. Для этого периода известна единственная находка второй фаланги лося (7850±40 Beta-216805), которая найдена на о. Жохова [5]. Каким образом эта кость могла попасть на остров не ясно. В суббореальном периоде происходило дальнейшее расселение лося на север. В этот период ареал лось расширяется до Чукотки (рис. 2). Южная граница с пребореального времени охватывала всю территорию вокруг Байкала.

Монголия. Находок костных остатков лося в местонахождениях Монголии не известно. Но есть изображения лося на петроглифах в нескольких районах Монгольского Алтая, датируемых концом среднего голоцена. Самое южное расположено на широте 48°44' с.ш. На петроглифах изображены отдельные животные и сцены охоты на лосей.

Камчатка. Известна единственная датированная находка костей лося атлантического периода 8200±40 GIN-15146 [4]. В историческое время в Камчатском крае лоси встречались только в северной материковой части в районе рек Пенжина, Белая и Оклан и лишь в середине XX века их расселили на полуостров.

Приморье. Здесь лось известен с середины атлантического периода и до современности. С начала субатлантического периода и до X века ареал лося доходил до 43° с.ш. В настоящее время самые южные заходы лося в Приморье фиксируются до 44° с. ш. Вероятно, как и в настоящее время в позднем голоцене, а возможно и ранее, лось обитал в северо-восточной части Китая (рис. 1, 2).

Формирование основной части ареала европейского лося (*Alces alces*) произошло очень быстро, в течение пребореального периода из позднеледниковых рефугиумов. На протяжении бореального периода продолжалось расширение ареала. Палеозоологические материалы показывают, что северная граница сформировалась в начале атлантического периода. С этого времени до XVIII века северная граница оставалась относительно стабильной и ограничивалась преимущественно лесотундровой зоной, с частыми заходами животных в тундровую зону. Южная граница в европейской части ареала, вероятно, также сформировалась в начале атлантического периода. В азиатской части ареала время ее формирования определить затруднительно. Возможно, она сформировалась к началу атлантического периода, в суббореальный период произошло ее существенное расширение на юг, а в субатлантическом она отступила к северу. Восточносибирский лось (*Alces americanus*), вероятно, постоянно обитал в восточной части по берегам крупных рек Якутии, в Приморье, северо-восточной части Китая с конца позднего плейстоцена и на протяжении всего голоцена. В южной части Среднесибирского плоскогорья и Прибайкалье обитал с позднего плейстоцена, в начале голоцена расселялся к северу и достиг современной северной границы к середине суббореального периода.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИЭРиЖ УрО РАН № 122021000095-0.

Список литературы

1. Верецагин Н.К. Кавказский лось (*Alces alces caucasicus* N. Ver. subsp. nova) и материалы к истории лосей на Кавказе // Зоол. журн. 1955. Т. 34. Вып. 2. С. 460–463.
2. Гасилин В.В. Распространение и промысел лося (*Alces alces* L.) в голоцене лесостепного и степного Заволжья и Предуралья // Динамика современных экосистем в голоцене: материалы Рос. науч. конф., 2-3 февр. 2006 г. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. С. 66–72.
3. Гептнер В.Г., Насимович А.А., Банников А.Г. Млекопитающие Советского Союза. М.: Высшая школа, 1961. Т. 1. 776 с.
4. Певзнер М.М., Яшина О.В., Смышляева О.И., Нечушкин Р.И., Каримов Т.Д., Рождественский О.Ю. Опорные разрезы рыхлых отложений позднего-среднего плейстоцена

Камчатки: Современное состояние, проблема возраста и перспективы изучения // Литология и полезные ископаемые. 2019. Т. 1. № 1. С. 60–89.

5. Питулько В.В., Павлова Е.Ю. Опыт радиоуглеродного датирования культуросодержащих отложений Жоховской стоянки (Новосибирские о-ва, Сибирская Арктика) // Записки ИИМК РАН. 2015. № 12. С. 27–55.

6. Хотинский Н.А., Алешинская З.В., Гуман М.А., Климанов В.А., Черкинский А.Е. Новая схема периодизации ландшафтно-климатических изменений в голоцене // Известия АН СССР. Сер. географ. 1991. № 3. С. 30–42.

7. Boeskorov G.G. Chromosomal differences in moose (Mammalia, Artiodactyla, *Alces alces* L.). Genetika. 1997. Vol. 33. P. 974–978.

8. Schmölcke U., Zachos F.E. Holocene distribution and extinction of the moose (*Alces alces*, Cervidae) in Central Europe // Mamm. Biol. 2005. Vol. 70. P. 329–344.

РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОСИСТЕМЫ ВЫГОЗЕРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В статье обсуждаются процессы накопления осадочного вещества в Выгозерском водохранилище на разных этапах его истории на основе изучения литологических, физических, физико-химических и химических характеристик донных отложений.

Ключевые слова: водохранилище, донные отложения, состав вещества

N.A. Belkina^{1,2}, M.S. Potakhin^{1,2}

¹Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia

²Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia
bel110863@mail.ru

RETROSPECTIVE ASSESSMENT OF CHANGES IN THE ECOSYSTEM OF THE VYGOZERSKY RESERVOIR BASED ON THE BOTTOM SEDIMENTS STUDIES

The article discusses the processes of sedimentary matter accumulation in the Vygozerskoe reservoir in different periods of its history based on the study of lithological, physical, physicochemical and chemical characteristics of bottom sediments.

Keywords: reservoir, bottom sediments, matter composition

Создание водохранилищ является одним из наиболее масштабных видов вмешательства человека в естественные процессы эволюции озерных экосистем. Трансформация седиментационного режима водоема в результате образования водохранилища изучалась на примере превращения оз. Выгозеро ($S_{\text{зеркала}}=561 \text{ км}^2$; $V=3,4 \text{ км}^3$) в Выгозерское (Выгозерско-Ондское) водохранилище ($S_{\text{зеркала}}=1270 \text{ км}^2$, $V=9,1 \text{ км}^3$) [7].

На 59 станциях было выполнено опробование донных отложений трубкой ГОИН и пробоотборником Limnos. Изучение литостратиграфии колонок донных отложений позволило выделить осадки, накопленные в разные периоды истории водоема (ледниковые и озерно-ледниковые отложения, озерные илы голоцена и антропогенно-модифицированные осадки водохранилища) и оценить объемы накопленного вещества (рис.). Было показано, что после образования водохранилища (в 1933 г. был введен в эксплуатацию Беломорско-Балтийский канал) на его дне началась аккумуляция бурых органических илов. В настоящее время их объем (440 млн. м^3 ; $\sim 170 \text{ млн. тон сухого грунта}$) в разы превышает объем озерных осадков, относящихся к периоду голоцена (160 млн. м^3 ; $\sim 50 \text{ млн. тон сухого грунта}$).

По глубине залегания в колонке донных отложений изучались: цвет, гранулометрический состав, физические характеристики и химический состав (как его органической составляющей – ППП_{550} , ХПК, $C_{\text{орг}}$, P, N, S, гуминовые и фульвовые кислоты, пигменты, нефтепродукты, так и неорганической части – зольность, металлы) осадочного вещества. Выявили, что колебания перечисленных выше параметров маркируют не только ключевые события истории водоема, связанные с глобальными изменениями климата в период дегляциации изучаемой территории [9]. Перестройка водной экосистемы в результате антропогенного воздействия (в нашем случае создание водохранилища и его

функционирование в условиях неравномерной антропогенной нагрузки) повлияла на процессы формирования донных отложений [2-3, 7, 8]. В настоящее время в Выгозерском водохранилище установлены границы локальных бассейнов с разным седиментационным режимом. Акватория водохранилища делится на три части: северную, центральную и южную. Дифференциация процессов седиментогенеза обусловлена, главным образом, геоморфологическими особенностями котловины, регулируемым гидрологическим режимом и неравномерным распределением речного стока и антропогенной нагрузки.

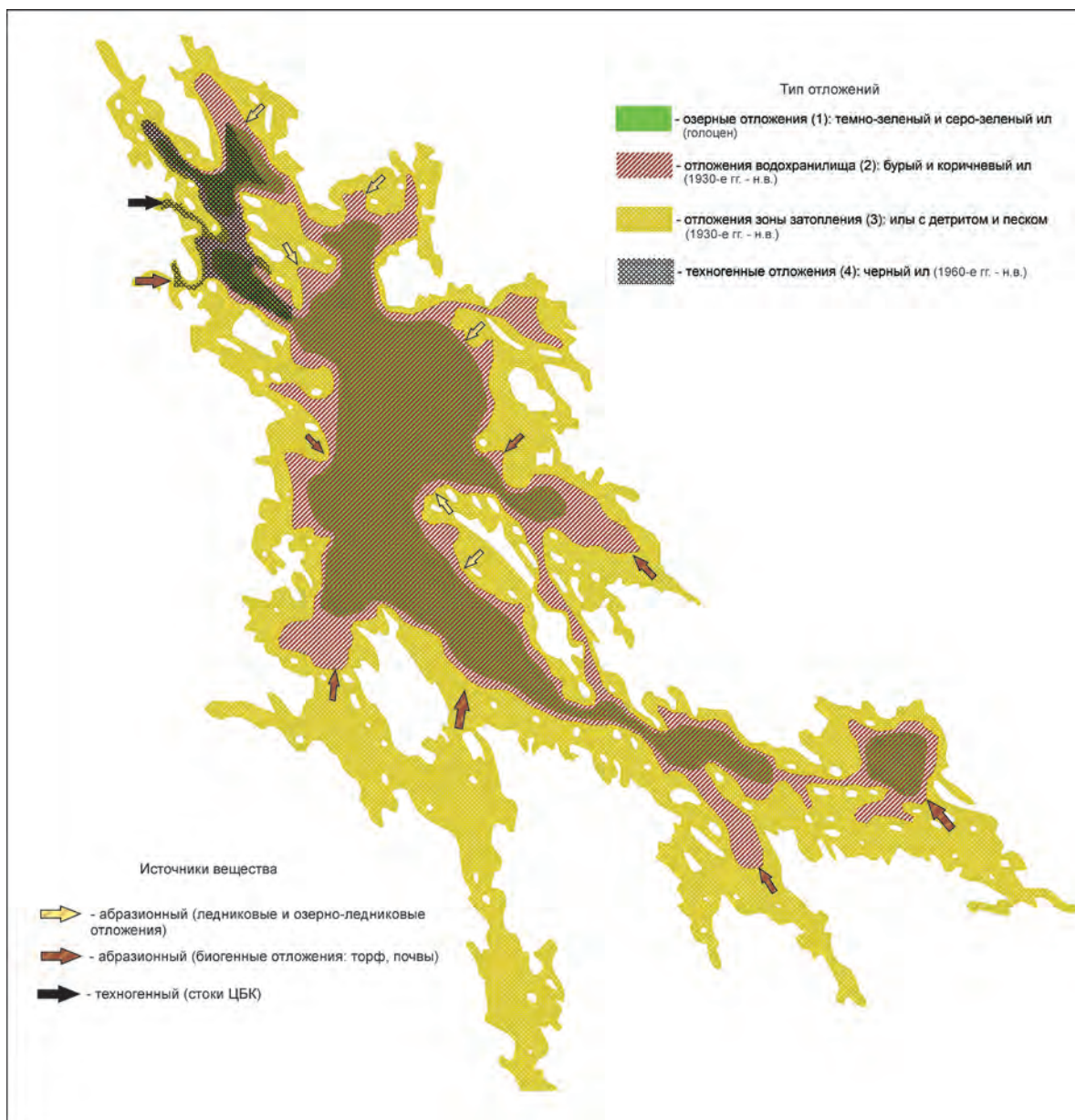


Рис. 1. Реконструкция седиментационного режима Выгозерского вдхр.

Накопление донных отложений Северного Выгозера происходит в условиях высокой проточности под влиянием самого крупного притока - реки Сегежи, впадающей с запада и формирующей транзитное стоковое течение в северо-западном направлении, а также под действием рассеивающего выпуска сточных вод Сегежского ЦБК. Седиментационный режим центрального района (в прошлом дно оз. Выгозеро) соответствует озерному типу. Седиментационную обстановку в мелководной юго-восточной части водохранилища, куда впадает несколько рек, как и в случае Северного Выгозера можно охарактеризовать как аккумулятивно-транзитную. Несмотря на то, что процесс формирования котловины водохранилища по данным Полякова Ю.К. [6] был завершен к 70-м годам XX века, активные

абразионные процессы, особенно в северной его части, наблюдаются и в настоящее время [7].

Уникальное сочетание для Северного Выгозера гидрологических и морфометрических факторов, максимальная нагрузка взвешенными веществами (около 20 г/(м²·год), поступающих в год с водами р. Сегежа, от 10 до 110 г/(м²·год) – с твердым стоком ЦБК и от 100 г/(м²·год) и выше – в результате абразии) определяют особый седиментационный режим с высокими скоростями осадконакопления. Ретроспективная оценка пертурбации донных отложений показала, что перераспределение осадков по дну, изменения их физических и химических характеристик связаны с количественным и качественным составом сточных вод Сегежского ЦБК [1; 3; 4]. До 1976 г. весь объем сточных вод комбината поступал в Лайкоручей (приустьевая часть р. Сегежи), где твердые органические отходы в виде щепы, коры, древесных и бумажных остатков занимали около 6 км². Нарастание производственных мощностей и изменение технологии, перенос выпуска в Мозог губу и введение станции биологической очистки привели к постепенному распространению техногенных взвесей (осадок черного цвета) по всей акватории. Уже к 1983 г. в районе Северного Выгозера выделяются 4 зоны донных отложений, отличающихся количественным и качественным составом органических веществ, биогенных элементов, металлов, визуальными и физико-химическими характеристиками. В настоящее время в глубоководной части этого района мощность слоя осадков, загрязненных отходами ЦБК, составляет около 30-35 см, что соответствует средней скорости накопления 7 мм в год [2]. Количество техногенных осадков, накопленных на дне в северной части водоема с момента пуска ЦБК оценивается в 12 млн. м³ (около 2 млн. тон сухого вещества) [6; 8].

Постепенное снижение поступления на дно абразионного материала (по мере формирования профиля равновесия котловины) и техногенных взвесей (экономический спад 1990^х годов) привело к увеличению вклада в процесс формирования донных отложений взвешенного вещества притоков и биогенной седиментации. Так, в Северном Выгозере скорость осадконакопления уменьшилась до 0,6 мм в год неконсолидированного осадка, что соответствует 0,5 г/(м²сут.). В поверхностном слое донных отложений уменьшилось содержание органического вещества и биогенных элементов, увеличилась концентрация железа. Однако, современные осадки по-прежнему отличаются качественным составом органического вещества и более высокими концентрациями тяжелых металлов (как специфических загрязнителей V, Ni, так и металлов дальнего переноса Pb, Cd, Sb и др.) и серы [10]. Донные отложения, залегающие во впадинах по пути распространения сточных вод, характеризуются нестабильными окислительно-восстановительными условиями и более интенсивными обменными процессами на границе вода-дно по сравнению с другими районами. Присутствие серы, источником которой являются сточные воды, способствует развитию сульфатредукции в донных отложениях этого района, что не характерно для большинства водоемов изучаемого региона, где окислителем в процессе деструкции органического вещества чаще всего выступают кислород и железо [1-3; 5].

В конце XX века снижение содержания органического вещества и рост концентраций биогенных элементов, железа и марганца в поверхностном слое донных отложений был зафиксирован для всех районов Выгозерского водохранилища. Улучшение кислородного режима водоема в центральном районе благоприятствовало формированию озерных руд (в прошлом процесс был характерен и для оз. Выгозеро), которые стали механическим барьером, способствующим захоронению поступившего ранее на дно материала и препятствующим транспорту веществ, образующихся в процессе диагенетических преобразований из осадков обратно в воду. При дефиците растворенного кислорода в придонных водах в зимний период неоднократно фиксировалось поступление Fe²⁺, Mn²⁺, растворимых органических веществ, соединений фосфора и азота из донных отложений. Наиболее ярко этот эффект проявился в 2009-2010 гг., когда за счет поступления железа из донных отложений его содержание в воде водохранилища увеличилось в 2 раза и достигло максимальных значений (более 1 мг/л), а содержание железа в донных отложениях

снизилось более чем в два раза [3]. Это еще раз доказывает, что донные отложения играют важную роль в формировании химического состава вод не только малых озер, но и крупных водоемов.

Донные отложения Южного Выгозера формировались в основном на затопленных участках суши. В отличие от центрального района, где существовал длительный переходный период переформирования котловины, отмеченный постепенным снижением доли минерального компонента в составе осадка, изменение соотношения органического и минерального вещества в донных отложениях (с 0,02 на 0,5) здесь происходит мгновенно, что фиксируется визуально. В процессе деструкции органического вещества донных отложений, источником которого в настоящее время является погруженная водная растительность мелководья и почвенный гумус, важную роль играет метаногенез (содержание CH_4 в поверхностном 2 см слое в 2 раза больше, чем в осадках центрального и северного районов) [2; 5].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-17-00206.

Список литературы

1. Белкина Н.А. Ретроспективная оценка состояния донных отложений Выгозерского водохранилища // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. №3. С. 258–268.
2. Белкина Н.А., Гатальская Е.В., Здорovenнова Г.Э., Потахин М.С., Здорovenнов Р.Э., Морозова И.В. Современные седиментационные процессы в Выгозерском водохранилище // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2024. Т. 20. № 1. С. 139–156.
3. Белкина Н.А., Ефременко Н.А., Кулик Н.В. Особенности миграции, трансформации и накопления железа в Выгозерском водохранилище // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 5. С. 505–513.
4. Васильева Е.П. Характеристика химического состава донных отложений Выгозерского водохранилища // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск: 1978. С. 63–79.
5. Морозова И.В., Белкина Н.А., Потахин М.С., Гатальская Е.В. Эмиссия метана из донных отложений Выгозерского водохранилища // Вестник Московского университета. Сер. 5. Геогр. 2022. № 6. С. 15–26.
6. Поляков Ю.К. Донные отложения Выгозера // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск, 1978. С. 57–63.
7. Потахин М.С., Белкина Н.А., Слуковский З.И. Трансформация донных отложений Выгозера в процессе хозяйственного освоения // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: материалы II Международной конференции. Казань: Издательство Академии наук РТ. 2019. Ч. 2. С. 161–166.
8. Потахин М.С., Белкина Н.А., Слуковский З.И., Новицкий Д.Г., Морозова И.В. Изменение донных отложений Выгозера в результате многофакторного антропогенного воздействия // Общество. Среда. Развитие. 2018. № 3. С. 107–117.
9. Субетто Д.А., Белкина Н.А., Страховенко В.Д. Палеолимнология Онежского озера: от приледникового озера к современным условиям. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2022. 332 с.
10. Slukovskii Z., Belkina N., Potakhin M. Assessment of contamination of recent sediments of a large reservoir in the catchment area of Arctic Ocean, Northern Europe // Polish Polar Research. 2021. Vol. 42. Iss. 1. P. 25–43.

ЭВОЛЮЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИХАНКАЙСКОЙ ВПАДИНЫ (ЮГ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ) В СРЕДНЕМ–ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

В статье приводятся результаты реконструкции эволюции растительности Приханкайской впадины в среднем-позднем голоцене. По палинологическим данным, подкрепленными результатами радиоуглеродного датирования погребенной древесины и растительного детрита по аллювиальным, озерным и болотным отложениям, выявлены свидетельства существенных и многократных изменений в структуре растительности. Установлено, что после по мере потепления, возросло видовое разнообразие растительности Приханкайской впадины. В условиях максимального потепления в среднем голоцене в горном обрамлении впадины преобладали смешанные леса с корейским кедром. Из растительности практически исчезли растения северо-бореальной флоры. Широкое распространение получили широколиственные и хвойно-широколиственные леса, отличавшихся от современных, большим участием и разнообразием широколиственных растений. В результате похолодания на в начале позднего голоцена, в Приханкайской впадине вновь появились участки мелколиственных и еловых лесов.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, Приханкайская впадина, палеорастительность, голоцен

P.S. Belyanin

Pacific Geographical Institute of the FEB RAS, Vladivostok, Russia

pavelbels@yandex.ru

EVOLUTION OF VEGETATION IN THE KHANKA DEPRESSION (SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST) DURING THE MIDDLE AND THE LATE HOLOCENE

The article presents the results of the reconstruction of the vegetation evolution of the Prikhankai depression in the Middle to Late Holocene. According to palynological data, supported by the results of radiocarbon dating of buried wood and plant detritus from alluvial, lacustrine and marsh sediments, evidence of significant and repeated changes in the vegetation structure has been revealed. It was found that after the warming, the species diversity of the vegetation of the Prikhankai depression increased. Under conditions of maximum warming in the Middle Holocene, mixed forests with Korean cedar prevailed in the mountain rim of the depression. The plants of the North Boreal flora have practically disappeared from the vegetation. Broad-leaved and coniferous-broad-leaved forests were widespread, differing from modern ones with a large participation and diversity of broad-leaved plants. As a result of the cooling at the beginning of the Late Holocene, areas of small-leaved and spruce forests reappeared in the Prikhankai depression.

Keywords: spore-pollen analysis, Prikhankai depression, paleoregrowth, Holocene

В настоящей работе приводятся новые палинологические и геохронологические данные, расширяющие представление о эволюции растительности Приханкайской равнины в условиях значительного изменения климата в среднем-позднем голоцене (рис. 1).

О начале следующего этапа потепления, свидетельствуют палиноспектры, выделенные из слоя супеси с древесными остатками на глубине 2,3 м (^{14}C 7986 $\pm$ 146 кал. л. н.) в разрезе 4049 (рис. 2). Основной фон в них составляет пыльца широколиственных растений. Среди них доминируют *Quercus* (20,8–34,5 %), *Ulmus* (5,5–15,5 %) и *Syringa* (1,6–5,1 %). Единично присутствуют пыльцевые зерна *Tilia* и *Juglans*. Хвойные представлены редкой пыльцой *Picea* и *Pinus koraiensis*. В группе мелколиственных пород доминирует пыльца *Betula* sp. (4,0–10,1 %). Присутствуют единичные пыльцевые зерна *Betula* sect. *Albae*,

Betula costata, *Betula* sp., *Betula* sect. *Nanae*, *Duschekia*, *Alnus* и *Salix*. Среди трав преобладает пыльца семейств Cyperaceae (11,7–19,5 %) и Asteraceae (10,8–11,0 %). Присутствуют споры *Sphagnum*, *Huperzia serrata*, *Bryales*, *Osmunda* и *Botrychium*.

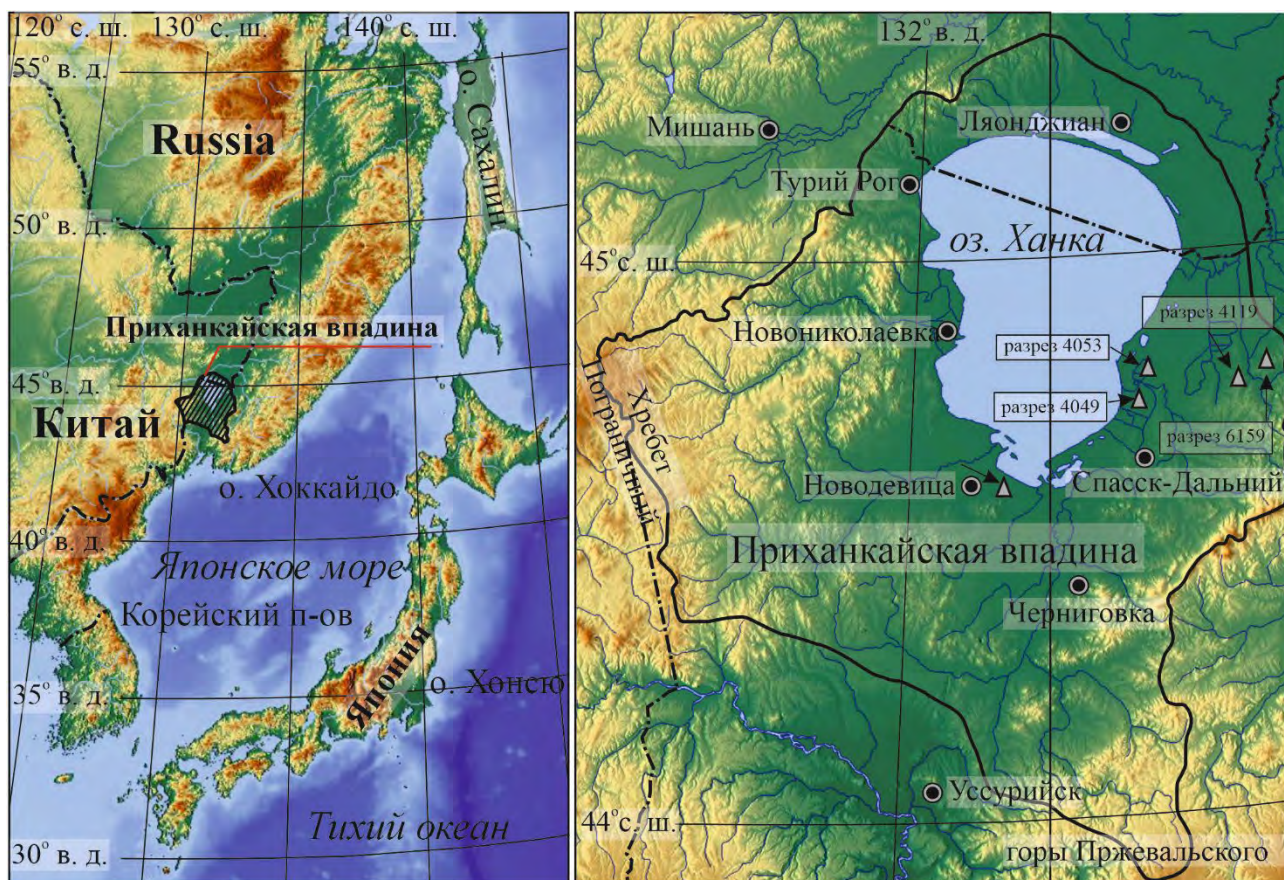


Рис. 1. Расположение изученных разрезов

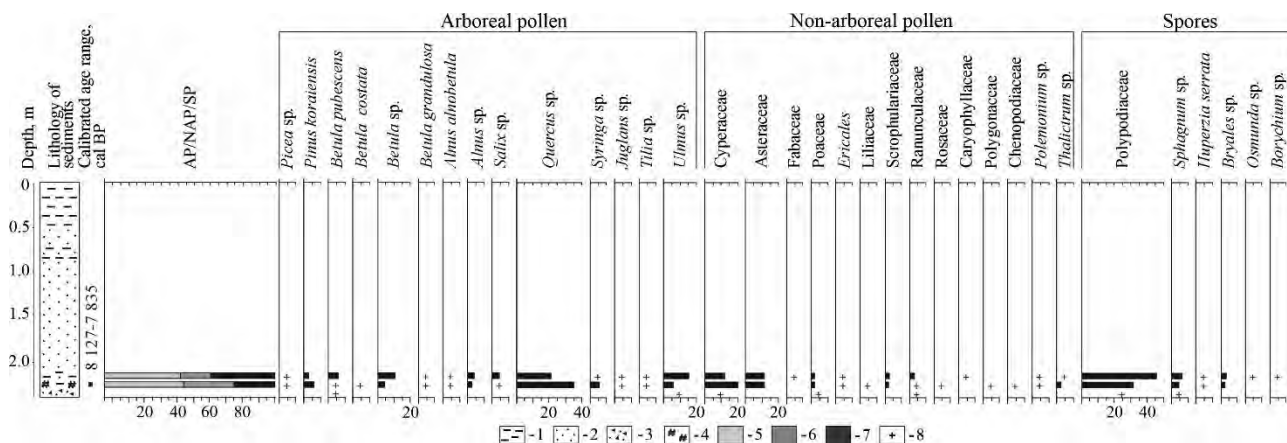


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма пойменных отложений р. Спасовка по разрезу 4049. 1 – суглинок, 2 – песок, 3 – гравий с песком, 4 – древесные остатки. Соотношение групп растений: 5 – AP, 6 – NAP, 7 – SP; 8 – содержание пыльцы и спор менее 3%

В условиях развивавшегося потепления, при климатических условиях прохладнее оптимальных, но существенно теплее современных, формировались пыльцевые комплексы из слоев суглинка и песка с погребенной древесиной (^{14}C 6133 $\pm$ 115 кал. л. н.) на глубине 2,8 и 3,1 м в разрезе 6159. В палиноспектрах преобладает пыльца широколиственных растений – *Quercus* (21,7–25,2 %) и *Ulmus* (5,4–9,8 %). Присутствуют пыльцевые зерна *Corylus*, *Syringa*, *Juglans*, *Carpinus*, *Phellodendron*, *Fraxinus* и *Tilia*. Хвойные деревья представлены только пыльцой *Pinus koraiensis* (4,8–6,1 %). Пыльцевые таксоны мелколиственных растений – *Salix*

(4,5–6,6 %), *Betula* sp. (5,4–6,6 %), а *Betula* sect. *Albae* (4,5–4,7 %), играют субдоминирующую роль. Присутствует пыльца *Betula* sect. *Nanae*, *Alnus*, *Betula schmidtii* и *Betula costata*. В группе травянистых растений и кустарников доминируют представители семейств Cyperaceae (10,5–12,2 %), Asteraceae (9,8–10,2 %), Scrophulariaceae (6,0–7,1 %) и Poaceae (2,1–4,8 %). В группе споровых таксонов основной фон создают представители семейства Polypodiaceae (17,0–19,8 %). Отмечены единичные споры *Sphagnum*, *Bryales* и *Huperzia serrata* [4].

Пыльцевые комплексы, отражающие начало снижения теплообеспеченности в конце среднего голоцена, получены по разрезу 4053, из слоя крупнозернистого песка с включениями погребенной древесины (^{14}C 4665 $\pm$ 100 кал. л. н.) в интервале глубин 2,0–2,4 м. Основной фон в них создает пыльца широколиственных растений, среди которых доминирует *Quercus* (17,4–24,7 %) и *Ulmus* (3,0–3,6 %). Подчиненную роль играет пыльца *Juglans*, *Corylus*, *Tilia* и *Viburnum*. Хвойные растения представлены в основном пыльцой *Pinus koraiensis* (2,6–3,3 %). В группе мелколиственных растений доминирует пыльца *Betula* sp. (4,6–7,1 %), *Betula* sect. *Albae* (1,9–3,6 %) и *Salix* (2,2–5,2 %). Присутствуют единичные пыльцевые зерна *Betula* sect. *Nanae*, *Betula costata*, *Alnus*. В группе травянистых растений и кустарников преобладает пыльца семейств Cyperaceae (21,4–27,9 %), Asteraceae (12,8–16,2 %), Poaceae (3,3–5,0 %) и Scrophulariaceae (5,3–8,2 %). Присутствуют единичные пыльцевые зерна представителей семейств Apiaceae, Ranunculaceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae, Caryophyllaceae, Polemoniaceae, Saxifragaceae, Fabaceae, Rosaceae, Cichoriaceae, Liliaceae и рода *Thalictrum*. Споры семейства Polypodiaceae (17,0–26,9 %), рода *Sphagnum* sp. В группе споровых растений преобладают представители родов *Bryales*, *Osmunda*, *Selaginella*, *Dryopteris*.

Таким образом, неоднократные и значительные изменения природных условий в конце позднего плейстоцена-среднем голоцене, обусловили значительные смены растительности на юге Дальнего Востока.

В конце позднего плейстоцена на Приханкайской равнине преобладали сфагново-багульниковые мари с кустарниковыми березами, ольховым стлаником, голубикой обыкновенной и багульником. Травяной фон представляли осока Майера, пушица и кровохлебка. На склонах горного обрамления Приханкайской впадины доминировали редкостойные темнохвойные леса с доминированием ели аянской и лиственницы. На открытых участках в горах широкое распространение имели заросли кедрового стланика [1].

В раннем голоцене произошла деградация северо-бореальной растительности. В нижние склоны гор стали проникать более теплолюбивые, южные растения, прежде всего – *Ulmus davidiana*, *Ulmus laciniata* и *Quercus mongolica*, а также – *Pinus koraiensis*. Началось формирование современной структуры растительности Приханкайской впадины.

В среднем голоцене из растительности практически исчезли растения северо-бореальной флоры. Широкое распространение получили широколиственные и хвойно-широколиственные леса. Подобные изменения растительности происходили и на восточном побережья Японского моря [2]. В условиях потепления, достигавшим, возможно, максимального уровня в голоцене 6000–6400 кал. л. н. [3], растительность Приханкайской впадины, по сравнению с современной, отличалась большим разнообразием широколиственных растений. Широкое распространение в экосистемах имели дубово-грабовые леса со значительным участием других широколиственных деревьев, сосны корейской, сосны густоцветковой и пихты цельнолистной. В это же время, на крайнем юге Дальнего Востока получили значительное развитие дубово-грабовые леса, причём на островах участие граба в них было выше, чем на континентальной части южного Приморья.

По всей видимости, климатические условия на юге Дальнего Востока, возможно, были близки к современным на Корейском полуострове, южнее 39° с. ш., где в настоящее время при среднегодовой температуре 10–12°C и годовом количестве осадков 1100–1600 мм распространены дубово-широколиственные леса с различными видами граба, бамбук, магнолия и бензойное дерево.

Похолодание в начале позднего голоцена вызвало экспансию темнохвойных и мелколиственных лесов. На равнинах расширились площади разнотравных лугов. В растительности вновь появились лиственничные леса, заросли кустарниковых берез и сфагновые болота. Однако, в растительности сохранились *Pinus koraiensis*, *Abies nephrolepis*, *Quercus mongolica*, *Juglans mandshurica*, *Ulmus davidiana*, *Ulmus laciniata* и другие широколиственные породы. В растительности сократилось разнообразие широколиственных и хвойных растений.

Список литературы

1. Белянин П.С., Белянина Н.И. К эволюции растительного покрова Приханкайской впадины и ее горного обрамления в позднем неоплейстоцене-голоцене (по палинологическим данным) // Тихоокеанская геология. 2012. № 31. Т. 2. С. 96–100.
2. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А. Изменения ландшафтов побережья и горного обрамления бухты Кит (Приморье) в среднем и позднем голоцене // География и природные ресурсы. 2016. № 3. С. 141–151.
3. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. Поздняя фаза атлантического периода голоцена на юге Приморья // Успехи современного естествознания. 2019. № 12. С. 96–107.
4. Belyanin P.S., Belyanina N.I. Evolution of vegetation of the Lake Khanka Depression in the southernmost of the Russian Far East in the Holocene // Journal of Asian Earth Sciences: X. 2023. Iss. 10. P. 100164.

О.К. Борисова, Н.Н. Нарышкина
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
paleo@mail.igras.ru

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

Подробные палинологические исследования озерных отложений позволяют реконструировать изменения состава лесов и их роли в растительности с позднеледникового до климатического оптимума голоцена. В интерстадиальное потепление аллерёд в регионе сформировались еловые редколесья, занимавшие наиболее защищенные местообитания в ландшафте перигляциальной лесостепи. При развитии потепления в бореальный период раннего голоцена преобладающими стали березовые и сосновые леса. В атлантический период более теплые и влажные климатические условия способствовали распространению смешанных хвойно-широколиственных лесов богатого видового состава.

Ключевые слова: пыльцевой анализ, состав лесов, аллерёд, бореал, атлантик

O.K. Borisova, N.N. Naryshkina
Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
paleo@mail.igras.ru

THE MAIN STAGES OF TAIGA FORESTS FORMATION IN THE CENTRAL PART OF THE EAST EUROPEAN PLAIN

The detailed palynological studies of lake sediments provide a reconstruction of vegetation changes from the Late Glacial to the Holocene climatic optimum. During the Allerød warm phase of the Late Glacial, spruce sparse forests formed in favourable locations within the periglacial steppe landscape. With the warming in the Boreal period of the Early Holocene, birch and pine woodlands became prevalent. During the Atlantic period, warmer and more humid climatic conditions supported the development of mixed coniferous-broadleaf forests with increased species diversity.

Keywords: pollen analysis, forest composition, Allerød, Boreal, Atlantic

На основе обобщения палинологических данных по торфяникам Ярославской области М.И. Нейштадт [5] построил среднюю пыльцевую диаграмму, названную им "диаграммой среднерусского типа". На этой диаграмме древнему голоцену (т. е. аллерёду и позднему дриасу в современном понимании) соответствует т. наз. «нижний максимум ели» с содержанием пыльцы *Picea* до 50% от суммы пыльцы деревьев, раннему голоцену – зона *Betula* и *Pinus* и среднему голоцену – зона *Quercetum mixtum* (пыльцы широколиственных пород дубового леса – *Quercus* + *Ulmus* + *Tilia* + *Corylus*) и *Alnus*. Таким образом, была реконструирована последовательность смены доминантов лесных формаций в центральном регионе Восточно-Европейской равнины (ВЕР) в позднеледниковье и голоцене. Тем не менее, резкое преобладания пыльцы ели в группе пыльцы деревьев само по себе не позволяет оценить долю еловых лесов в растительном покрове территории. Более того, высокие содержания пыльцы полыни в «зоне ели», отмеченные на этой диаграмме (20-30% по отношению к сумме пыльцы деревьев) [5], указывают на широкое развитие ксерофильной травянистой растительности в позднеледниковье.

Для реконструкции истории развития лесных сообществ, изменений их состава и распространения в данном регионе нами проведено подробное исследование отложений небольшого озера, включавшее анализ спорово-пыльцевых спектров, концентраций пыльцы (КП) и изменений состава палинофлоры с позднеледникового до климатического оптимума голоцена. Отложения небольших озер, чаши которых образованы слабо размываемыми

породами, обладают рядом преимуществ по сравнению с такими традиционными объектами палинологических исследований, как торфяники. Стабильная обстановка осадконакопления в таких озерах приводит к устойчивости скорости аккумуляции, а благоприятные условия захоронения пыльцы в отложениях обеспечивают ее обилие и хорошую сохранность. Озеро Долгое находится на востоке Клинско-Дмитровской гряды (56°04' с. ш., 37°20' в. д.), в подзоне широколиственно-хвойных подтаежных лесов из *Picea excelsa* и *Quercus robur*, как и территория, использованная М.И. Нейштадтом для построения «диаграммы среднерусского типа» [5]. Результаты комплексного изучения и радиоуглеродного датирования отложений оз. Долгое впервые опубликованы в [7]. Для настоящего исследования были использованы также архивные данные спорово-пыльцевого анализа по этому разрезу. При значительно большем разрешении по времени на диаграмме состава пыльцы деревьев по разрезу Долгое прослеживаются те же основные этапы, что и на средней диаграмме М.И. Нейштадта [5] – максимум пыльцы *Picea* в аллереде (до 30%), максимум пыльцы *Pinus* в раннем бореале (до 50%), максимум пыльцы *Betula* (до 75-80%) в позднем бореале и сумма пыльцы широколиственных пород более 50% в атлантическое время, однако диаграмма, при построении которой за 100% принята вся сумма пыльцы наземных растений, включая и травянистые, дает более полное представление об изменениях участия разных пород деревьев и доли лесов в растительном покрове территории.

Древний голоцен – аллерёд – «нижний максимум ели». В отложениях аллереда доля пыльцы трав составляет 25-40% спектра, в том числе доля *Artemisia* – 20-35%, что соответствует содержаниям пыльцы полыни на средней диаграмме в [5]. «Нижний максимум ели» на процентных диаграммах по разрезу Долгое очерчен нечетко, однако он хорошо виден в слое интерстадиала аллерёд по изменениям КП *Picea*. Локальное присутствие ели в этом временном интервале подтверждают находки устьиц ее хвои. КП *Betula* sect. *Albae* также образует небольшой максимум в аллереде. При этом, хотя они и превосходят здесь КП ели, они всё же остаются низкими для такой высокопродуктивной породы, как береза. КП сосны в этом слое также очень низкие. Помимо пыльцы перечисленных пород деревьев, обладающих широкой экологической амплитудой, в позднеледниковой части разреза Долгое почти в каждом образце встречается пыльца *Larix* и *Pinus sibirica*, а в аллереде также *Abies*. Эти древесные породы распространены в настоящее время в областях с более континентальным климатом, чем современный климат в районе разреза. Среди трав и кустарничков присутствуют разнообразные луговые и степные растения, ксерофиты и виды, характерные для нарушенных грунтов. Такое высокое разнообразие экологических групп растений характерно для позднеледниковых флор центрального региона ВЕР в целом [3] и свидетельствует о сложном, мозаичном строении растительного покрова в аллереде, когда еловые массивы с примесью других наиболее выносливых древесных пород занимали небольшие наиболее благоприятные участки среди открытой перигляциально-степной растительности. Можно предположить, что ведущая роль ели в лесных фитоценозах этого времени связана с существованием многолетней мерзлоты, так как в этом случае поверхностная корневая система дает ели определенные преимущества по отношению к таким пионерным породам, как сосна и береза.

Ранний голоцен – бореал – господство березовых лесов. После похолодания в позднем дриасе, сопровождавшегося иссушением и увеличением континентальности климата [1], быстрое развитие потепления в начале голоцена вызвало значительные изменения в составе флоры центрального региона ВЕР, хотя по набору экологических групп растений палинофлора пребореала в разрезе Долгое почти идентична позднеледниковой [2]. Из деревьев с преимущественно сибирскими ареалами в ней сохранялся только сибирский кедр (*Pinus sibirica*), по-прежнему присутствовали криофильные кустарниковые березы и ольховник, но впервые отмечено появление пыльцы относительно теплолюбивых мезофитов – вяза и лещины. Наибольшего разнообразия достигали лугово-степные и луговые растения, виды болот и влажных лугов. При этом в состав флоры по-прежнему входили и ксерофиты,

характерные для позднеледниковых флор (*Eurotia ceratoides*, *Ephedra*, *Helianthemum*), и галофиты из семейства *Plumbaginaceae*.

На пыльцевой диаграмме по разрезу Долгое потепление раннего голоцена, происходившее в несколько этапов вплоть до начала бореала [6], отражено в общем увеличении доли пыльцы деревьев и кустарников с 35% до 80% спектра, в значительном подъеме кривых *Betula* и *Pinus* при чередовании этапов преобладания одной из этих пород и в снижении доли пыльцы *Picea* до 1-2%. Пыльца *Betula* sect. *Albae* в слоях бореала составляет 60-70% суммы пыльцы наземных растений, что сближает полученные спектры с составом поверхностных проб из предстепных березовых лесов Южного Урала [4]. Тем не менее, фактическое участие сосны и березы, обладающих огромной пыльцевой продуктивностью, в составе растительности сложно оценить по их доле в составе спектров. Быстрый и устойчивый рост КП березы начинается на нижней границе бореала, и к его концу они возрастают на два порядка, а затем вновь снижаются в течение атлантика. Динамика КП сосны аналогична, хотя диапазон их изменений значительно меньше. Доля пыльцы трав в спектрах бореала невелика, за исключением пика пыльцы *Poaceae* в его начале. Во второй половине бореала состав лесов региона обогащается за счет расселения относительно теплолюбивых мезофильных широколиственных пород деревьев и кустарников, характерных для подлеска смешанных лесов (*Quercus*, *Tilia*, *Frangula alnus*, *Sambucus*, *Viburnum opulus*), значительно увеличиваются КП *Ulmus*, что указывает на возрастающее участие вяза в составе лесов. В конце бореала КП ели впервые после длительного перерыва достигают уровня аллерёда и превосходят его.

Средний голоцен – атлантик – широколиственные леса. В начале атлантического периода голоцена под воздействием дальнейшего потепления, вероятно, сопровождавшегося снижением континентальности климата и повышением увлажнения, существенно возросли КП широколиственных пород и ольхи, тогда как КП березы и сосны неуклонно сокращались. Вероятно, это сокращение объясняется тем, что при общем увеличении залесенности территории доля мелколиственных и светлхвойных лесов в растительном покрове снизилась за счет расширения широколиственных и ольховых лесов. Доля пыльцы древесных пород в спектрах атлантика достигла 95-97%, видовой состав широколиственных лесов стал еще богаче за счет распространения ясеня и клена. Постепенно увеличивалась доля ели в лесных фитоценозах. С этими изменениями в составе лесов связано резкое сокращение разнообразия травянистых растений, прежде всего за счет светлюбивых луговых видов. Реликт перигляциальной флоры *Ephedra*, находивший подходящие местообитания в окрестностях озера вплоть до конца бореала, позднее на этой территории уже не встречался. Из травянистых растений во флоре атлантика представлены только лесные виды (*Lycopodium annotinum*, *Pteridium aquilinum*, *Humulus lupulus*) и растения влажных лугов, прибрежных ассоциаций и болот (например, *Rubus chamaemorus*, *Sparganium*, *Thalictrum angustifolium*). Интересна также находка пыльцы восковника (*Myrica gale*) – кустарника, обитателя лесных опушек, моховых, реже травяных болот и влажных лугов, распространенного в настоящее время на северо-западе европейской территории России, в районах с более океаническим климатом, чем современный в районе исследований. Таким образом, в атлантическое время, которое можно считать климатическим оптимумом голоцена, в центральной части ВЕР закончилось формирование смешанных хвойно-широколиственных лесов богатого состава, близких к современным зональным формациям региона.

Исследования проведены по проекту Министерства образования и науки РФ (соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. *Борисова О.К.* Ландшафтно-климатические условия в центральной части Восточно-Европейской равнины в последние 22 тысячи лет (реконструкция по палеоботаническим данным) // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 6. С. 664–675.
2. *Борисова О.К., Нарышкина Н.Н.* Динамика растительных сообществ при резких короткопериодных изменениях климата на переходе от последней ледниковой эпохи к голоцену // Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции LXXVI Герценовские чтения, Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И. Герцена, 19-21 апреля 2023 г. СПб: РГПУ им. А. И. Герцена, 2023. Том 1. С. 309–314.
3. *Гричук В.П.* Гляциальные флоры и их классификация // Последний ледниковый покров на Северо-Западе Европейской части СССР. М.: Наука, 1969. С. 57–70.
4. *Лантева Е.Г.* Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры современной растительности Южного Урала // Вестник Башкирского ун-та. 2013. Т. 18. № 1. С. 77–81.
5. *Нейштадт М.И.* История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 404 с.
6. *Borisova O.K., Naryshkina N.N., Panin A.V.* Short-term climatic oscillations in the central region of the East-European Plain at the beginning of the Holocene based on palynological studies of lacustrine deposits // Quaternary. 2024. Vol. 7. P. 22.
7. *Kremenetski K.V., Borisova O.K., Zelikson E.M.* The Late Glacial and Holocene history of vegetation in the Moscow region // Paleontological Journal. 2000. Vol. 34. Suppl. 1. P. S67–S74.

Т.Ю. Браславская

*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов им. А.С. Исаева Российской
академии наук, г. Москва, Россия*
t-braslavskaya@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ XIX В. В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ (НА ПРИМЕРЕ ЗВЕНИГОРОДСКОЙ БИОСТАНЦИИ МГУ)

Обсуждаются результаты поиска в Центральном государственном архиве Москвы документов, содержащих характеристику состава и облика лесов, информацию о лесопользовании в XIX в. на современной территории Звенигородской биостанции. В документах рассматриваемого периода такие сведения подробнее отражены для казенных лесов, но в отдельных случаях может быть найдена полезная информация и о частновладельческих лесах. Получены документальные подтверждения, что на динамику лесов этой территории оказывали постоянное воздействие рубки и сенокошение на лесных расчистках.

Ключевые слова: история природопользования, архивные документы, казенные и частновладельческие леса, сельскохозяйственные расчистки, лесные промыслы.

T.Yu. Braslavskaya

*Isaev Centre for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences, Moscow,
Russia*
t-braslavskaya@yandex.ru

THE 19TH CENTURY DOCUMENTS AS A DATA SOURCES FOR STUDIES OF FOREST DYNAMICS IN THE CENTER OF THE RUSSIAN PLAIN (A CASE STUDY IN ZVENIGOROD BIOLOGICAL STATION OF MOSCOW STATE UNIVERSITY)

Resulting from the search in the Central State Archive of Moscow, documentary evidence was obtained that in the 19th century the dynamics of the forests of the Zvenigorod Biological Station was often affected by logging and haymaking in forest clearings. Forest management is better documented for state forests than for private ones.

Keywords: land-use history, archive documents, state and private forests, agricultural clearings, forest crafts.

Изучение истории природопользования создает основу для корректных представлений о динамике фитоценозов и экосистем в целом. Предпосылки для формирования состава и облика современных лесных фитоценозов центра Русской равнины сложились под влиянием природопользования на этой территории в течение двух последних столетий. Сведения о характере природопользования и о состоянии лесов на протяжении этого времени могут быть получены из сохранившихся документов. Поиск таких сведений о лесном массиве Звенигородской биостанции МГУ имени С.Н. Скадовского, которая расположена в Одинцовском районе Московской области (он является частью бывшего Звенигородского уезда Московской губернии), были предприняты в Центральном государственном архиве Москвы (ЦГА Москвы). Из исторической литературы [3] известно, что со времен Генерального межевания и на протяжении XIX в. часть современной территории биостанции, расположенная на местном водоразделе р. Москвы и ее притока р. Сетуни, относилась к казенной Покровской волости, а другая часть, расположенная на склоне долины р. Москвы, к двум частным дачам – Аниково и Гигирево (деревни с такими названиями существуют и в настоящее время). Описание хозяйства Покровской волости, составленное в 1817 г., было найдено в фонде документов Московской губернской

канцелярии [6]. В этом описании отмечено, что на преобладающих в волости супесчаных и песчаных почвах сельское хозяйство было очень низкопродуктивным, поэтому многие жители волости (казенные крестьяне), переведенные на денежный оброк, разъезжались на отхожие промыслы, а для оставшихся основным источником средств к существованию был «лесной промысел», то есть участие в артелях, которые рубили для перепродажи в Москве лес, купленный на корню в частных имениях по соседству с землями волости. В лесах, приписанных к казенным селениям волости, производились не только заготовки дров для местного потребления, но и многочисленные расчистки для устройства мест сенокошения; в таких «лесных местах» крестьяне Покровской волости заготавливали сена в несколько раз больше, чем на заливных лугах, площадь которых была небольшой [7]. Информация о важной роли лесного сенокошения в крестьянском хозяйстве объясняет, почему впоследствии – в середине XX в. – в лесных фитоценозах биостанции отмечалось широкое распространение различных луговых трав [4]. В документах другого дела, касавшегося отпуска в 1827 г. погорельцам д. Шихово (4 км от современной территории биостанции) леса для строительства, приведено описание заказной рощи [8], которую совместно использовали в качестве источника строевой древесины жители этой и еще одной деревень. Согласно этому описанию, в роще произрастали сосна и ель (для отпуска нашлось 675 деревьев этих видов суммарно) высотой 5,0–5,6 м и толщиной 13–18 см в отрубе (в пересчете на единицы метрической системы), а более крупных деревьев не было. По правилам Лесного устава 1802 г., в заказных рощах были запрещены регулярная заготовка дров, расчистки под сельскохозяйственные нужды и выпас скота [2], то есть такие леса должны были быть в лучшем состоянии, чем обычные крестьянские. Упоминание об этой заказной роще есть и в составленной на период 1841–1842 гг. ведомости отпуска леса на нужды крестьян [11]. Из краткой характеристики в этой ведомости можно узнать, что площадь рощи была около 1 км², а возраст деревьев не превышал в тот период 50 лет. На основе информации в цитируемом документе можно также предположить, что эта роща располагалась вблизи от р. Сегуны, то есть юго-западнее современной территории биостанции, но в том же лесном массиве. Для сравнения следует отметить, что в середине XX в. в лесном массиве биостанции преобладали смешанные мелколиственно-сосновые древостои, что рассматривалось как последствие рубок в течение длительного времени [1].

О лесах частных имений в ЦГА Москвы имеется значительно меньше информации, чем о казенных лесах, находившихся под надзором органов государственного управления. Однако были случаи, когда и частновладельческие леса попадали в фокус внимания местных властей. Так, по распоряжению Министерства государственных имуществ, в 1842–1843 гг. специально проводился сбор сведений о частновладельческих лесах во всех губерниях [9]. Хотя в Московской губернии рапорты из уездов о результатах этой работы, представленные в губернскую канцелярию, не были подробными, но для Звенигородского уезда, например, в таком рапорте было указано, что сенокошение на «лесных местах» для нужд владельцев лесов и их крестьян – это самая обычная (помимо продажи леса) форма лесопользования [10].

Изложенный опыт подбора архивных документов может быть полезен для организации исследований по истории природопользования в других регионах средней полосы Европейской России, в которых в XIX в. действовали такие же нормы земле- и лесопользования, как в Московской губернии. Например, в деле, содержащем описание Покровской волости, составленное в 1817 г., есть указания, что в тот период составление подобных описаний проводилось во всех казенных волостях Российской империи [5].

Список литературы

1. Анциферов Г.И. Леса Звенигородской биологической станции // Природа Звенигородской биологической станции Московского государственного университета. Методическое пособие. М.: Изд-во Московского университета, 1962. Вып. 2. С. 64–70.

2. *Грешищев Н.* Историческое обозрение законодательства и правительственных распоряжений, относительно Лесного хозяйства в России // Лесной журнал, издаваемый обществом для поощрения лесного хозяйства. 1842. Ч. 1. Кн. 2. С. 174–228. Ч. 1. Кн. 3. С. 271–343. Ч. 2. Кн. 1. С. 49–109.

3. *Кусов В.С.* Земли Московской губернии в XVIII веке: Карты уездов, описания землевладений. Т. 1. М.: Московия, 2004. 315 с.

4. *Пятковская В.П., Барсукова А.В.* Растительность Звенигородской биостанции // Природа Звенигородской биологической станции МГУ. М.: Изд-во Московского университета, 1962. Вып. 2. С. 1–63.

5. ЦГА Москвы, ф. 17, оп. 1, д. 2257, т. 1, л. 1.

6. ЦГА Москвы, ф. 17, оп. 1, д. 2257, т. 3, л. 664–669К.

7. ЦГА Москвы, ф. 17, оп. 1, д. 2257, т. 3, л. 669Г–669Гоб.

8. ЦГА Москвы, ф. 17, оп. 1, д. 10134, л. 11–12об.

9. ЦГА Москвы, ф. 17, оп. 11, д. 92, л. 1.

10. ЦГА Москвы, ф. 17, оп. 11, д. 92, л. 12–13.

11. ЦГА Москвы, ф. 17, оп. 97, д. 47, л. 95об–97.

О.Г. Булэу, А.А. Гурина, Р.Ю. Дудко, А.А. Легалов
Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия
buleu.olesya@mail.ru

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВОМУ ЭНТОМОКОМПЛЕКСУ НА РЕКЕ ЧАРА (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Приводятся первые данные о насекомых позднего голоцена Чарской котловины Забайкальского края. Ранее в Забайкалье не было известно местонахождений четвертичных насекомых. По итогам работ 2024 года из разрезов Чара-1 и Чара-2 на обоих берегах реки Чара было отобрано 713 фрагментов насекомых, из которых 678 принадлежит жесткокрылым (Coleoptera) – не менее 66 видов из 22 семейств, преимущественно Staphylinidae, Carabidae и Curculionidae. Большинство выявленных видов известны и в современной фауне Чарской котловины. В целом реконструируемые условия для местонахождений Чара-1 и Чара-2 близки между собой и с современными условиями Чарской котловины.

Ключевые слова: Палеоэнтомология, голоцен, жесткокрылые, р. Чара, Забайкальский край

O.G. Buleu, A.A. Gurina, R.Yu. Dudko, A.A. Legalov
Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia
buleu.olesya@mail.ru

THE FIRST DATA ON THE LATE HOLOCENE INSECT COMPLEX ON THE CHARA RIVER (ZABAYKALSKY KRAI)

This paper presents the first data on the late Holocene insect assemblage on the Chara Depression in the Zabaykalsky Krai. Previously, no data on fossil insects of the Pleistocene and Holocene are provided for Transbaikalia. The 2024 study yielded the collection of 713 insect fragments from sections on both banks of the Chara River, 678 of which belonged to the order Coleoptera – at least 66 species from 22 families, mainly Staphylinidae, Carabidae and Curculionidae. Most of the identified species are also known in the modern fauna of the Chara Depression. In general, the reconstructed conditions for the Chara-1 and Chara-2 sites are close to each other and to the modern conditions of the Chara Depression.

Keywords: Paleoentomology, Holocene, Coleoptera, Chara River, Zabaykalsky Krai

Глобальные изменения ландшафта и климата, наблюдаемые на сегодняшний день, являются как следствием деятельности человека, так и последовательными трансформациями в истории Земли. Климатические колебания приводят к изменениям в структуре фаун. Реконструкция этих изменений (проблема фауногенеза) является одной из самых сложных в зоогеографии. Палеонтологические данные могут достоверно выявить изменения элементов фаун в пространстве и во времени. Жесткокрылые, или жуки (Coleoptera) – это наиболее многочисленный отряд насекомых, который освоил разные среды обитания и очень чутко реагирует на изменения окружающей среды. Покровы жесткокрылых достаточно прочные, чтобы сохраняться в стабильных анаэробных условиях длительное время, но в то же время весьма хрупкие и подвержены разрушению в случае движения/переотложения мягких пород. Такие свойства делают насекомых уникальным источником информации об условиях прошлого. К сожалению, в горных регионах благоприятные условия для сохранения остатков насекомых складываются значительно реже, чем на равнинах.

В ходе полевых исследований 2024 году были найдены два местонахождения ископаемых насекомых в Чарской котловине Забайкальского края. Ранее для региона данных по голоценовым насекомым не приводилось. В каждом местонахождении было отобрано по 4 пробы на энтомологический анализ. В результате получено 713 фрагментов насекомых, из

которых 678 принадлежит жесткокрылым, отнесенным не менее, чем к 66 видам из 22 семейств. В работе приводятся предварительные результаты по определению найденных фрагментов насекомых.

Местонахождение Чара-1 расположено на левом берегу реки Чара в Каларском районе Забайкальского края (56,00018° N, 118,27472° E). Оно представлено 3-метровым обрывом, в верхней части сложенным суглинками бежевых, бежево-коричневых и темно серых оттенков. Темно-серый суглинок содержал большое количество детрита. В нижней части местонахождения темная, серо-коричневой супесь, с большим количеством оторфованного растительного детрита, переходящая в крупнозернистый бежевый песок. На энтомологический анализ из местонахождения было взято четыре пробы из темно-серых суглинков средней части разреза и серо-коричневой супеси нижней части разреза.

Из 153 фрагментов насекомых, найденных в местонахождении Чара-1, двенадцать принадлежат муравьям (Formicidae), другим перепончатокрылым (Hymenoptera), клопам (Heteroptera) и мухам (Diptera). Восемь фрагментов принадлежат насекомым таксономический статус которых определить не удалось. Остальные 133 фрагмента относятся к жесткокрылым (Coleoptera) из 18 семейств. Основу энтомокомплекса составляют коротконадкрылые жуки (Staphylinidae) – 39% и жужелицы (Carabidae) – 29%. Остальные семейства составляют от 7% (Leiodidae, Chrysomelidae) до 1% (Cryptophagidae, Scolytidae, Byrrhidae, Cantharidae, Elateridae, Helophoridae и Hydrophilidae).

Стафилиниды в энтомокомплексе представлены семью подсемействами (Aleocharinae, Mycetoporinae, Omaliinae, Paederinae, Staphylininae, Steninae и Tachyporinae). Преобладающими подсемействами коротконадкрылых жуков являются Omaliinae (32%) и Aleocharinae (15%). Omaliinae и Aleocharinae – крупнейшие подсемейства стафилинид, распространенные по всему миру и обитающие почти во всех наземных местообитаниях. Виды подсемейств варьируют по экологии, среди них есть хищники, сапрофаги, мицетофаги, детритофаги. Omaliinae особенно характерны для холодных увлажненных местообитаний. Стафилиниды, найденные в энтомокомплексе, до вида пока не определены и почти не используются в анализе.

Жужелицы в энтомокомплексе Чара-1 представлены 16 видами из семи родов. Преобладают жужелицы родов *Bembidion* (8 видов) и *Pterostichus* (3 вида из подрода *Cryobius*). Из других родов до видового уровня определены *Nebria* cf. *nivalis* (Paykull, 1790), *Diacheila polita* (Faldermann, 1835), *Elaphrus splendidus* Fisher von Wandheim, 1829, *Trechus nigricornis* Motschulsky, 1844 и *Agonum impressum* (Panzer, 1797). Найденные виды жужелиц в настоящее время обитают по берегам водоемов и заболоченных лугов (*Bembidion infuscatum*, *Elaphrus splendidus*, *Agonum impressum*), галечниках (*Nebria* cf. *nivalis*, *Bembidion gebleri*), песчаных берегах рек (*Bembidion semilunium*), осоково-пушицевых болотах (*Trechus nigricornis*, *Diacheila polita*).

Долгоносики (Curculionidae) в энтомокомплексе Чара-1 представлены видами *Hylobius excavatus* (Laicharting, 1781), *Lepyrus ventricosus* Faust, 1882 и *Tournotaris bimaculata* (Fabricius, 1787). Найденные виды долгоносиков различны в экологии. *Lepyrus ventricosus* обитает в пойменных биотопах, связан с ивами. *Tournotaris bimaculata* связан преимущественно с околотовидными биотопами, но может встречаться и в мезофитных условиях вдали от водоёмов. *Hylobius excavatus* в основном связан с лиственницами, но может встречаться и на соснах и елях.

Местонахождение Чара-2 расположено на правом берегу реки Чара в Каларском районе Забайкальского края (56,91330° N, 118,28101° E). Оно представлено 2-метровым обрывом. В верхней части местонахождение сложено почвенно-растительным слоем, супесью бежевых, бежево-коричневых оттенков. В средней части местонахождения выделяются прослойки темно-серого суглинка, рыжей супеси, супеси с крупнозернистым песком, галькой коричневого цвета и скопление коричнево-рыжего торфа с древесными остатками, затем синий суглинок с растительным детритом. В нижней части – переслаивание бежевых и коричневых суглинков. У уреза воды мелкозернистый бежевый песок и

крупнозернистый песок с примесью окатанной гальки бежевого цвета. Пробы на энтомологический и радиоуглеродный анализы взяты из средней части разреза. Калиброванная радиоуглеродная датировка растительного детрита составляет 1061-1179 лет назад.

В результате энтомологического анализа из местонахождения Чара-2 выявлено 560 фрагментов насекомых, из которых 540 принадлежит жесткокрылым (Coleoptera) из 18 семейств. Восемь фрагментов относятся к перепончатокрылым (Hymenoptera), один – клопам (Heteroptera) и четыре – мухам (Diptera). Семь фрагментов принадлежат насекомым, таксономический статус которых определить не удалось.

Преобладающим семейством в энтомокомплексе Чара-2 являются коротконадкрылые жуки (Staphylinidae) (55%). Другие семейства жесткокрылых составляют от 16% (Carabidae) до 0,5 %. В энтомокомплексе выявлено значительное число водных жуков – Dytiscidae (6%), Helophoridae (4%) и Hydrophilidae (0,5%).

Стафилиниды в энтомокомплексе Чара-2 представлены семью подсемействами, как и в местонахождении Чара-1. Преобладающим подсемейством является Omaliinae (66%), а остальные подсемейства составляют от 12% (Paederinae) до 1% (Mycetoporinae).

Жужелицы в энтомокомплексе Чара-2 представлены 18 видами из пяти родов. Преобладают жужелицы родов *Pterostichus* (8 видов) и *Bembidion* (7 видов). Из других родов отмечены только *Diacheila polita*, *Trechus nigricornis* и *Agonum (Europhilus) sp.* Найденные жужелицы *Bembidion guttula* (Fabricius, 1792) и *B. semipunctatum* населяют берега рек, сырые пойменные луга, заболоченные берега стариц. *Pterostichus saxicola* Tschitscherine 1899 обитает в лиственных лесах. *Pterostichus discrepans* (A. Morawitz, 1862) является болотно-лесным видом. К болотному комплексу отнесены также *Diacheila polita* и *Trechus nigricornis*. *Pterostichus eximius* широко распространен в различных типах леса, проникает на заливные и разнотравные луга, встречается в подстилке и разлагающейся древесине.

Долгоносики, выявленные в энтомокомплексе Чара-2, относятся к восьми видам: *Dorytomus suvorovi* Reitter, 1911, *Hylobius excavatus*, *Isochnus flagellum* (Ericson, 1902), *Lepyrus ventricosus*, *Phyllobius thalassinus* Gyllenhal, 1834, *Ph. crassipes* Motschulsky, 1860, *Sitona sulcifrons* (Thunberg, 1798) и *Trichalophus maklini* (Faust, 1890). Преобладающими по числу фрагментов является *Phyllobius thalassinus* (41%) и *Lepyrus ventricosus* (26%). Экология найденных видов различна. *Dorytomus suvorovi* связан с тополем душистым (*Populus suaveolens*). *Isochnus flagellum* обитает в околородных биотопах на различных ивах. *Phyllobius thalassinus* полифаг на различных травянистых растениях, приурочен к крупнотравным пойменным лугам и неморальным опушкам в поймах рек. *Sitona sulcifrons* развивается на различных клеверах (*Trifolium*). *Trichalophus maklini*, вероятно, полифаг, встречается на различных травянистых растениях в лесах и горных тундрах, особенно часто – на бадане. *Phyllobius crassipes* связан с тополями и ивами.

В энтомокомплексе Чара-2 выявлены два вида короедов (Scolytidae) – *Trypophloeus dejevi* Stark, 1936 и *Xylechinus pilosus* Chapuis, 1869. *T. dejevi* связан с ивами и ольхой. Основным кормовым растением *X. pilosus* являются ели, реже жуки встречаются на пихте, кедровом сланце, лиственнице.

В энтомокомплексах Чара-1 и Чара-2 выявлено сопоставимое число видов жуков (43 и 50 соответственно). По экологическому составу и в том, и в другом комплексе присутствуют виды, связанные с берегами рек, заболоченными местами, лиственными лесами. При этом, в энтомокомплексе Чара-2 большую долю составляют характерные обитатели стоячих водоемов, а также лесные виды, в то время как в местонахождении Чара-1 выявлены также реофилы, а лесные виды представлены единично. Общих видов выявлено девять – *Diacheila polita*, *Trechus nigricornis*, *Bembidion (Plataphodes) sp.2*, *Bembidion yukonum*, *Bembidion cf. infuscatum*, *Pterostichus (Cryobius) sp.1*, *P. (Cryobius) sp.2*, *Hylobius excavatus* и *Lepyrus ventricosus*. Стоит отметить, что в энтомокомплексе Чара-2 найдено намного больше стафилинид из подсемейства Omaliinae (66%).

Своеобразие климата и большая дифференциация природных условий Чарской котловины определяют гетерогенность колеоптерофауны и мозаичность топического распределения видов (Бессолицина, Шиленков, 1980). Сравнение тафоценозов с современной фауной жесткокрылых Чарской котловины, а также с проведенными учетами в разных биотопах, показало следующие результаты. Практически все виды, найденные в тафоценозе, обитают в этом регионе и сейчас. Присутствие в отложениях долгоносиков *Dorytomus suvorovi* и *Phyllobius crassipes*, жужелиц *Trechus nigricornis*, *Bembidion elevatum*, *B. gebleri*, *B. dormeyeri*, *B. guttula*, *B. semipunctatum*, *B. cf. semilunium*, а также короедов *Trypophloeus dejevi* и *Xylechinus pilosus*, неизвестных в современных материалах по Чарской котловине, может указывать на флуктуации природных условий, связанных с климатическими изменениями конца голоцена. Однако выявление таких флуктуаций осложнено недостаточной изученностью современной энтомофауны Чарской котловины и практически неизученным ландшафтно-биотопическим распределением жесткокрылых этого региона. Так, целенаправленный поиск указанных жесткокрылых в июне-июле 2025 года выявил, что *Trechus nigricornis* обитает на территории Чарской котловины (на заболоченных местах). Ранее этот вид был известен из Южной Сибири южнее 54° с.ш. и с юга Дальнего Востока России (Сундуков, Макаров, 2021). Информация об обитании остальных видов на территории котловины пока не получена.

В целом можно отметить близость современных и реконструируемых условий для местонахождений Чара 1 и 2.

Исследования поддержаны федеральной программой фундаментальных научных исследований (грант № 1021051703269-9-1.6.12; FWGS-2021-0004).

Список литературы

1. Бессолицына Е.П., Шиленков В.Г. Жесткокрылые Чарской котловины // Членистоногие Сибири и Дальнего Востока. Иркутск. 1980. С. 79–101.
2. Сундуков Ю.Н., Макаров К.В. Жужелицы трибы Trechini (Carabidae) Южных Курильских островов // Nature Conservation Research. 2021. Т. 6. № 4. С. 15–51.

КОСТНЫЕ ОСТАТКИ ТЮЛЕНЕЙ РОДА *PHOCA* ИЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА KIS-008 (О. БУЛДЫРЬ, АЛЕУТСКИЕ О-ВА)

В работе изучены костные остатки тюленей рода *Phoca*, впервые обнаруженные в материалах археологического памятника KIS-008 (о. Булдырь, Алеутские о-ва). Присутствие особей первого года жизни позволяет говорить о том, что они относятся к обыкновенному тюленю (*Phoca vitulina*). Это указывает на то, что о. Булдырь служил местом размножения данного вида в XIV–XIX вв.

Ключевые слова: обыкновенный тюлень, о. Булдырь, Алеутские о-ва

V.V. Burova, O.A. Krylovich

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS, Moscow, Russia

valeria.v.burova@gmail.com

BONE REMAINS OF PHOCA SEALS FROM THE ARCHAEOLOGICAL SITE KIS-008 (BULDYR ISLAND, ALEUTIAN ISLANDS)

The bone remains of seals of the genus *Phoca* first discovered in the materials of the archaeological site KIS-008 (Buldyr Island, Aleutian Islands) are studied. The presence of young-of-the-year suggests that they belong to the harbor seal (*Phoca vitulina*). This indicates that this species was breeding on the island in the 14th–19th centuries.

Key words: harbor seal, Buldyr Island, Aleutian Islands

Алеутские острова остаются одним из наиболее труднодоступных и слабо изученных регионов в силу своей исключительной удалённости и суровых климатических условий. Эти сложности касаются как исследований современного состояния фауны позвоночных, так и исследований её истории. Одним из наиболее изолированных в западной части островной гряды является о. Булдырь, расположенный в 104 км от о. Шемья на западе и 117 км от о. Кыска на востоке [13]. Остров примечателен своими небольшими размерами (20.2 км²), изолированностью, труднодоступностью и отсутствием наземных хищников. Морские млекопитающие на острове немногочисленны. В ходе биологического мониторинга последних десятилетий было отмечено присутствие отдельных особей калана, обыкновенного тюленя, сивуча и северного морского котика [14; 18; 19].

Зачастую единственным источником информации, позволяющим реконструировать историю популяций морских млекопитающих и птиц на таких изолированных территориях, является археологический материал. Кухонные остатки на стоянках древнего человека выступают ценным палеоэкологическим архивом, фиксирующим видовой состав и структуру популяций в прошлом. В 1990-е гг. в рамках междисциплинарного проекта, посвящённому изучению археологии и палеоэкологии западных Алеутских островов, была проведена серия раскопок памятника KIS-008 на о. Булдырь [13]. В результате экспедиции 1991 г. были собраны кости млекопитающих, все из которых, за исключением пяти костей китов, принадлежали сивучам [13]. При этом костей настоящих тюленей в этом раскопе обнаружено не было, что странно, так как хорошо известно, что алеутские охотники активно охотились на обыкновенных тюленей – обычный для всех Алеутских о-вов вид.

Настоящее исследование посвящено анализу костных остатков настоящих тюленей (Phocidae), обнаруженных в археозоологическом материале памятника KIS-008, собранного в результате раскопок 1997 г. Цель работы – на основе археозоологических данных определить видовой состав и возрастную структуру тюленей, добывавшихся алеутами в период существования поселения и оценить значение этого ресурса в хозяйстве древнего населения.

В данной работе анализировался остеологический материал из шурфа площадью 1х1 м, собранный в 1997 г. сотрудниками Лаборатории исторической экологии ИПЭЭ РАН (шурф 1х1 м, мощность культурного слоя 170 см). Судя по C^{14} датам, изученное отложение формировалось в период 650–100 л. н. [12]. Верхние слои 2–5 оказались переотложенными, поэтому материал из них был объединен. Остальные слои памятника накапливались последовательно [3]. По предварительным оценкам основную массу остатков млекопитающих в отложении составляют кости сивуча (не менее 80%), которые в данной работе не анализируются.

Определение костей настоящих тюленей проводилось с использованием остеологической коллекции ИПЭЭ РАН, виртуальной коллекции Idaho Virtual Museum (<https://virtual.imnh.iri.isu.edu>) и литературных данных [1; 7; 8; 11]. Индивидуальный возраст остатков тюленей определялся по степени прирастания эпифизов к диафизам [16], размерам [5; 10] и общей морфологической зрелости элемента.

Было изучено 84 кости настоящих тюленей, из которых 72 кости были отнесены к роду *Phoca*, а 12 костей – к семейству Phocidae. В материале присутствует большинство элементов скелета – фрагменты черепа, нижние челюсти, кости осевого скелета и конечностей.

В районе Алеутской островной дуги самым распространенным видом рода *Phoca* является обыкновенный тюлень (*Phoca vitulina*). В восточной части островной дуги также возможны встречи ларги (*Phoca largha*). В настоящее время репродуктивный ареал ларги расположен в северной и северо-восточной частях Берингова моря, так как размножение вида происходит на льдах разного типа [4]. Однако неизвестно, насколько ларга была распространена в районе Алеутских островов в прошлом, особенно это относится к миграциям взрослых особей. Перед нами стояла задача видового определения костей рода *Phoca*, что осложнено морфологической близостью двух видов. Морфологические отличия были показаны только по черепу, нижней челюсти, плечевой и бедренной костям [1; 7; 11]. Из-за принадлежности большей части изученных костей молодым особям, а также из-за фрагментарности отдельных костей определение костных остатков до вида по морфологическим признакам оказалось невозможным. Однако возрастной анализ костей позволил провести более надежную идентификацию.

По результатам определения возраста большинство костей тюленей принадлежат сеголеткам (не менее 70%, таблица). Помимо животных первого года жизни также присутствуют единичные кости молодых неполовозрелых особей возрастом от одного до четырех лет. При этом от взрослой половозрелой особи найдена всего одна кость (таблица).

Примечательно, что в материале обнаружена кость от очень молодой особи. Это нижняя челюсть с двумя постоянными премолярами (р3 и р4). Зубы находятся в процессе прорезывания и еще не подверглись стиранию. Постоянные зубы у обыкновенного тюленя становятся полностью функционирующими к 4–6 неделям [9]. Примерно в это же время у тюленей рода *Phoca* происходит переход от питания молоком к питанию твердой пищей [2, 6]. Реконструируемая длина челюсти и ее периметр указывают на то, что особи на момент смерти было не больше месяца [10]. На данный момент нет никаких свидетельств того, что до этого возраста детеныши питаются чем-либо иным, кроме молока [6]. Следовательно, особь, которой принадлежала данная челюсть, питалась молоком и находилась рядом с матерью.

Основной особенностью изученного материала является наличие большого количества костей от молодых особей (до года) и даже присутствие нижней челюсти щенка возрастом до 1 месяца. Преобладание сеголетков в материалах памятника KIS-008 находит

объяснение в этнографических данных – охотники предпочитали добывать тюленей небольшого и среднего размера из-за более удобной охоты на них, более легкой транспортировки и разделки туш; также считается, что их мясо более вкусное [17]. Присутствие практически всех элементов скелета свидетельствует о том, что туши приносились на стоянку целиком и разделывались на месте.

Таблица 1. Возрастной состав тюленей рода *Phoca* из материала поселения KIS-008 (о. Булдырь)

Слой	Сеголетки		Молодые неполовозрелые		Взрослые половозрелые		Всего костей
	кол-во костей (шт.)	%	кол-во костей (шт.)	%	кол-во костей (шт.)	%	
2В-5В	5	83.3	1	16.7			6
6В	3	100					3
7В	23	92	1	4	1	4	25
8В	10	100					10
9В	8	72.7	3	27.3			11
10В	2	100					2
11В	7	87.5	1	12.5			8
12В	3	100					3
13В	1	100					1
14В	3	100					3
Всего	65	90.3	6	8.3	1	1.4	72

Преобладание костей сеголетков также указывает на то, что о. Булдырь служил местом размножения обыкновенных тюленей 650–100 л.н. В настоящее время большинство детенышей обыкновенного тюленя на Аляске начинают покидать область рождения, начиная примерно с месячного возраста. Максимальное расстояние, на которое удаляются молодые тюлени, исследуя окрестности, в среднем составляет 40–85 км, достигая пика в 8–9 месяцев; у более старших тюленей, возрастом ближе к году, это расстояние начинает вновь сокращаться, так как особи возвращаются к местам своего рождения [15]. Значительная удаленность о. Булдырь от соседних островов делает вероятность нахождения в его прибрежной зоне молодых особей обыкновенных тюленей, рождённых на соседних островах, крайне низкой.

По схожим причинам можно отнести все кости молодых животных к костям обыкновенного тюленя. Известно, что у берингоморской ларги щенки рождаются на дрейфующих льдах с начала апреля до середины мая. Залежки на побережьях в северной части Берингова моря животные образуют после разрушения льдов, которое обычно в происходит во второй половине мая [2]. В настоящее время о. Булдырь не входит в ареал встречаемости ларги в репродуктивный период – дрейфующие льды в весеннее время здесь отсутствуют [4].

Проведенное исследование демонстрирует, что в период 650–100 л.н. о. Булдырь служил местом размножения обыкновенного тюленя. Возрастная структура выборки указывает на целенаправленный промысел алеутами щенков и молодых особей. Для уточнения видовой идентификации и изучения экологии тюленей в будущем планируется применение анализа стабильных изотопов ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) и пептидной масс-спектрометрии (ZooMS).

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 25-14-00427.

Список литературы

1. Аристов А.А., Барышников Г.Ф. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Хищные и ластоногие. СПб., 2001. 560 с.
2. Гольцев В.Н., Федосеев Г.А. Динамика возрастного состава залежек и воспроизводительная способность популяций ларги // Известия ТИНРО. 1970. Т. 71. С. 309–317.
3. Крылович О.А. Динамика фауны позвоночных Командорско-Алеутской островной дуги в среднем и позднем голоцене (по археозоологическим данным). Дисс... канд. биол. наук. М., 2013. 160 с.
4. Морские млекопитающие России / Роснефть. М., 2023. 375 с.
5. Bigg M. The harbor seal in British Columbia. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1969. 33 p.
6. Costa D., McHuron E. (Eds.) Ethology and Behavioral Ecology of Marine Mammals. Springer, 2022. 645 p.
7. Hafed A., Koretsky I., Rahmat S. Current status of pinnipeds phylogeny based on molecular and morphological data // Historical Biology. 2020. Vol. 33. P. 2356–2370.
8. Hodgetts L. Animal bones and human society in the late younger stone age of arctic Norway. PhD. Durham: University of Durham, 1999. 377 p.
9. Kahle P. Untersuchungen zur Schädel- und Gebisspathologie bei Seehunden (*Phoca vitulina*) und Kegelrobben (*Halichoerus grypus*) sowie zur altersabhängigen Veränderung von Knochendichte und Mikroarchitektur im Seehund-Unterkiefer. Diss. Hildesheim: Inst. für Biologie und Chemie, 2019. 78 p.
10. Kahle P., Rolvien T., Kierdorf H., Roos A., Siebert U., Kierdorf U. Age-related changes in size, bone microarchitecture and volumetric bone mineral density of the mandible in the harbor seal (*Phoca vitulina*) // PLoS ONE. 2019. Vol. 14. Iss. 10. e0224480.
11. Koretsky I.A. Morphology and systematics of Miocene Phocinae (Mammalia: Carnivora) from Paratethys and the North Atlantic Region // Geologica Hungarica. Series Palaeontologica. 2001. Vol. 54. P. 1–109.
12. Lefevre C., Corbett D. Appendix G – WAAPP Radiocarbon Dates // The People at the End of the World: The Western Aleutians Project and the Archaeology of Shemya Island. 2010.
13. Lefevre C., Corbett D. G., West D., Siegel-Causey D. A Zooarchaeological Study at Buldir Island, Western Aleutians, Alaska // Arctic Anthropology. 1997. Vol. 34. P. 118–131.
14. Pollom E., Gorey J., Drummond B. Biological monitoring at Buldir Island, Alaska in 2014. U.S. Fish and Wildlife Service Report. Homer, Alaska. 2015. 233 p.
15. Small R. Differential movements by harbor seal pups in contrasting Alaska environments // Marine mammal science. 2005. Vol. 21. Iss. 4. P. 671–694.
16. Stora J. Skeletal development in the Grey seal *Halichoerus grypus*, the Ringed seal *Phoca hispida botnica*, the Harbour seal *Phoca vitulina vitulina*, and the Harp seal *Phoca groenlandica*. Epiphyseal fusion and life history // Archaeozoologia. 2000. Vol. 11. P. 199–222.
17. Unger S. Qaqamiigux: Traditional Foods and Recipes from the Aleutian and Pribilof Islands. Anchorage, Alaska: Aleutian Pribilof Islands Association, 2014. 318 p.

18. *Warzybok J., Drummond B., Williams J.* Biological monitoring at Buldir Island, Alaska in 2012. U.S. Fish and Wildlife Service Report. Homer, Alaska. 2013. 224 p.
19. *Williams J., Ortwerth M., Rojek N., Scharf L.* Biological monitoring at Buldir Island, Alaska in 1997: Summary appendices. U.S. Fish and Wildlife Service Report. Adak, Alaska. 1998. 184 p.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАННЕЙ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) КАК ИНДИКАТОР ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОБЫТИЙ

Было показано, что при позднем наступлении максимума весеннего половодья в ранней древесине формируются сосуды с небольшой средней площадью просвета. Возможно, что этот эффект также приводит к формированию небольших сосудов и на следующий год. Кроме того, экстремально морозные зимы и, возможно, высокие летние паводки предшествующего года также могут способствовать уменьшению средней площади сосудов ранней древесины

Ключевые слова: дендрохронология, анатомия древесины, реконструкция экстремальных событий, весеннее половодье

L.A. Vakaliuk, B.F. Khasanov

Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow; Russia

l.vakaliuk@yandex.ru

QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF THE EARLY WOOD ANATOMY OF THE PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) AS AN INDICATOR OF EXTREME EVENTS

It has been shown that the late onset of the spring flood maximum level results in the formation of small-area vessels in earlywood. It is possible that this effect also leads to the formation of small vessels the following year. In addition, extremely cold winters and, possibly, high summer floods in the previous year may also reduce the average vessel area of earlywood.

Keywords: dendrochronology, wood anatomy, extreme event reconstruction, spring flood

Затопление пойменных деревьев с кольцесосудистым типом древесины во время весеннего половодья может приводить к формированию в их годичных кольцах ранней древесины особого строения. Этот эффект был подтвержден экспериментами с молодыми деревьями дуба черешчатого [3], где отмечалось уменьшение размеров сосудов, а также их деформации. Важное значение для развития выраженных признаков наводнения имели длительность затопления, а также его сроки его наступления, потому что наиболее сильное влияние на развитие древесины оказывало длительное затопление во время начала формирования сосудов. Кроме того, наиболее сильные изменения отмечались непосредственно в затопленном участке ствола, что делает важным такой признак, как положение исследуемого участка древесины по отношению к уровню воды.

Связь между затоплением и особым строением древесины была отмечена и в естественных условиях для ряда видов ясеней и дубов. Среди характерных признаков «колец наводнений» отмечается уменьшение размеров сосудов ранней древесины, расширение зоны ранней древесины [1], формирование деформированных сосудов [3], а также сочетание этих признаков в одном годичном кольце. На основе данной изменчивости была проведена реконструкция высоты весеннего половодья на основе анатомических признаков древесины дуба лировидного (*Quercus lyrata* Walter) [6] и расхода реки по данным о размере и числе сосудов ясеня чёрного (*Fraxinus nigra* Marsh.) [7], а также выявлены случаи экстремально сильного весеннего половодья на основе анатомических признаков древесины дуба крупноплодного (*Quercus macrocarpa* Michx) [8].

Реконструкция весеннего половодья осложняется тем, что не во всех случаях изменение размера сосудов и плотности их расположения вызвано гидрологическими факторами. Так, есть единичное наблюдение об уменьшении размеров сосудов после пожара на примере ясеня чёрного (*Fraxinus nigra*) [4]. Кроме того, известно, что к уменьшению среднего размера просветов сосудов приводят зимних и весенние морозы, а также весенние засухи [2]. Соответственно, использование анатомических признаков древесины для реконструкции гидрологических событий прошлого нуждается в предварительной валидации на современных данных.

Для этого нами были измерены анатомические характеристики 8 образцов дуба черешчатого из леса в пойме реки Велеса (приток реки Западная Двина). Изучение их изменчивости проводилось путем сканирования кернов на планшетном сканере Epson Perfection 4490 photo. Предварительно керны были обработаны черным маркером и порошком диоксида титана для повышения контрастности изображений и их последующего анализа в программе ImageJ.

Были рассмотрены следующие анатомические признаки: ширина кольца, число сосудов, средняя площадь сосудов, площадь участка годичного кольца и площадь ранней древесины. На основе этих признаков также были рассчитаны такие характеристики, как суммарная площадь просветов сосудов, плотность расположения сосудов (отношение числа сосудов к площади кольца или к площади ранней древесины), порозность древесины (отношение суммарной площади просветов сосудов к площади кольца или к площади ранней древесины), отношение площади ранней древесины к площади всего кольца (доля ранней древесины). Все признаки были измерены на всей площади керна и без внесения поправки на увеличение диаметра ствола дерева.

Для определения вклада отдельных анатомических признаков в формирование годичных колец с особым строением был проведен анализ методом главных компонент.

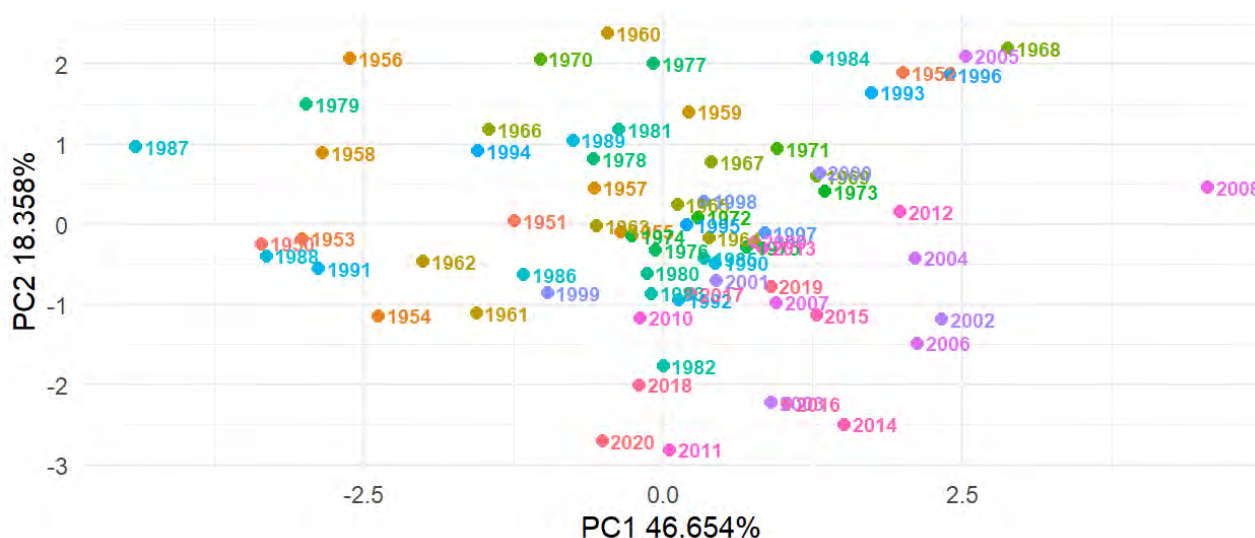


Рис. 1. Положение годичных колец в осях 1 и 2 главных компонент, указана доля объясненной дисперсии

Первая компонента преимущественно определяется шириной кольца, площадью кольца, в несколько меньшей степени - порозностью всего кольца и площадью РД, а вторая определяется суммарной площадью просветов сосудов, средним размером сосудов, а также асимметрией и эксцессом распределения сосудов внутри года. При построении графика в осях 1 и 2 компонент (рис. 1) обособляются отдельные годы, часть из которых будет рассмотрена далее.

Среди рассматриваемых анатомических признаков часть из них напрямую зависят друг от друга, и, соответственно, значения таких признаков определяются одними и теми же

факторами. Для выявления зависимых друг от друга характеристик были вычислены попарные коэффициенты корреляции.

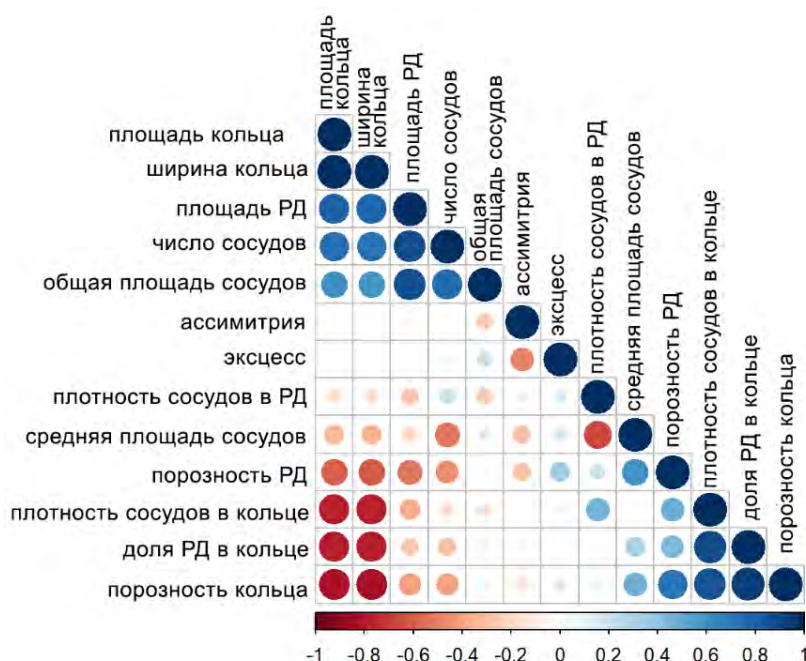


Рис. 2. Корреляции между признаками анатомического строения древесины (РД = ранняя древесина)

Очень высокие коэффициенты корреляции наблюдались между шириной кольца, площадью кольца, долей ранней древесины, плотностью и порозностью по отношению к кольцу (рис. 2). При этом часть анатомических признаков, таких как ассиметрия, эксцесс, плотность расположения сосудов в ранней древесине и средняя площадь просветов сосудов имеют невысокую корреляцию с шириной годичного кольца. Это дополнительно позволяет предполагать, что введение анатомических признаков в дополнение к измерению ширины годичных колец обосновано для получения новой информации об экологических факторах.

Одним из характерных признаков экстремальных паводков является уменьшение среднего размера просветов сосудов, поэтому этот признак был рассмотрен отдельно.

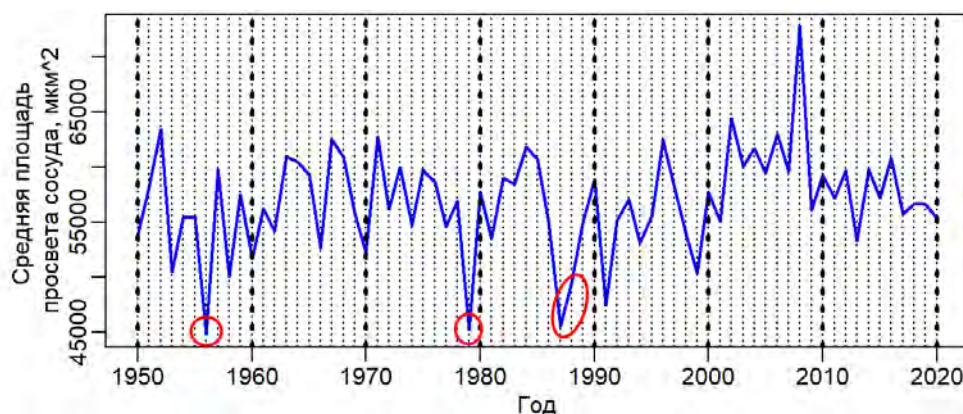


Рис. 3. Средняя площадь просветов сосудов, красные круги указывают на годы с наиболее низкой средней площадью

Наименьший размер сосудов наблюдался в 1956, 1979 и 1987-88 годы (рис. 3). Известно, что зимы 1955/56 и 1978/79 годов являлись экстремально морозными [5], что может быть причиной уменьшения размера сосудов из-за прямого влияния на камбий. Зима

1986/87 годов также являлась холодной, однако ранее она не отмечалась как экстремально морозная.

Для оценки влияния весеннего половодья на строение древесины были использованы ежесуточные данные с гидрологического поста, расположенного в деревне Рудня на реке Велеса. На данный момент в анализе использованы данные об уровне воды для 1980-1987 и 2008-2020 годов.

В изучаемый промежуток времени (1980-1987 и 2008-2020 годы) максимальный уровень воды во время весеннего половодья достигал от 152 до 438 см от нулевого уровня гидрологического поста.

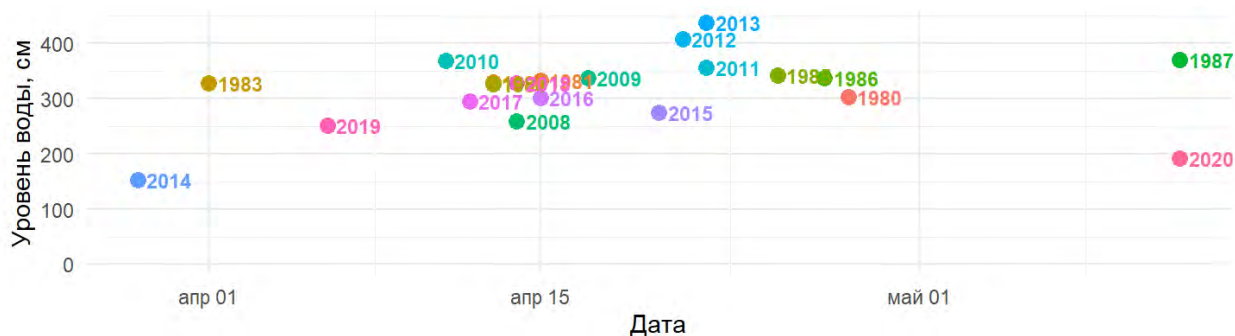


Рис. 4. Максимальный уровень воды во время весеннего половодья и дата достижения этого уровня

В 1987 году из-за весеннего похолодания половодье оказалось растянутым во времени и имело два пика, из-за чего наивысший уровень был достигнут 12 мая (рис. 3). Соответственно, такое позднее половодье могло привести к затоплению деревьев во время начала формирования сосудов и, как следствие, привести к уменьшению их среднего размера. Такие же или даже более высокие половодья (например, в 2013 году), прошедшие в более ранние сроки, по всей видимости, не оказали влияния на развитие древесины.

Кроме того, в 1987 году наблюдались экстремально сильные летние паводки, превышавшие по высоте уровень весеннего половодья, что могло способствовать формированию сосудов небольшого размера и в 1988 году (рис. 4).

Полученные результаты согласуются с представлениями о том, что высокий уровень половодья в сочетании с поздними сроками его наступления влияет на формирование сосудов ранней древесины, приводя к уменьшению их размеров.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект 25-24-00378).

Список литературы

1. Astrade L., Bégin Y. Tree-ring response of *Populus tremula* L. and *Quercus robur* L. to recent spring floods of the Saône River, France // *Écoscience*. 1997. Vol. 4. Iss. 2. P. 232–239.
2. Bräuning A., De Ridder M., Zafirov N., García-González I., Petrov Dimitrov D., Gärtner H. Tree-ring features: indicators of extreme event impacts // *IAWA J*. 2016. Vol. 37. Iss. 2. P. 206–231.
3. Copini P., Den Ouden J., Robert E., Tardif J., Loesberg W., Goudzwaard L., Sass-Klaassen U. Flood-Ring Formation and Root Development in Response to Experimental Flooding of Young *Quercus robur* Trees // *Front. Plant Sci*. 2016. Vol. 7.
4. Kames S., Tardif J., Bergeron Y. Anomalous earlywood vessel lumen area in black ash (*Fraxinus nigra* Marsh.) tree rings as a potential indicator of forest fires // *Dendrochronologia*. 2011. Vol. 29. Iss. 2. P. 109–114.
5. Khasanov B.F. Severe winter rings of oak trees (*Quercus robur* L.) from Central European Russia // *Int J Biometeorol*. 2013. Vol. 57. Iss. 6. P. 835–843.

6. *Meko M., Therrell M.* A record of flooding on the White River, Arkansas derived from tree-ring anatomical variability and vessel width // *Physical Geography*. 2020. Vol. 41. Iss. 1. P. 83–98.
7. *Nolin A., Tardif J., Conciatori F., Bergeron Y.* Spatial coherency of the spring flood signal among major river basins of eastern boreal Canada inferred from flood rings // *Journal of Hydrology*. 2021. Vol. 596. P. 126084.
8. *St. George S., Nielsen E.* Palaeoflood records for the Red River, Manitoba, Canada, derived from anatomical tree-ring signatures // *The Holocene*. 2003. Vol. 13. Iss. 4. P. 547–555.

600-ЛЕТНЯЯ ИСТОРИЯ ПОЖАРОВ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ПРЕДГОРНОГО УЧАСТКА ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

На предгорном участке Печоро-Илычского заповедника реконструирована пожарная история за последние 600 лет. Установлено, что пожарная активность была непостоянной: ее рост начался в конце XVII в., а пик пришелся на XIX век, когда зафиксировано большинство крупных пожаров. До этого пожарный цикл был самым низким среди реконструкций северной Европы. В отличие от равнинного участка, предгорья характеризуются более поздним максимумом пожарной активности, что может быть связано с особенностями землепользования: первые поселения появились на модельной только в XIX в., огонь использовался для подсечно-огневого земледелия. Мы предполагаем, что полученные результаты отражают антропогенные причины пика пожарной активности. Дальнейший анализ более раннего периода планируется с привлечением климатических данных.

Ключевые слова: лесные пожары, дендрохронология, подсечно-огневое земледелие, пожарный цикл, землепользование

F.K. Vozmitel^{1,3}, A.A. Aleinikov², A.M. Kryshen¹

¹Forest Research Institute of Karelian Research Centre of the RAS, Petrozavodsk, Russia

²Institute of Geography of the RAS, Moscow, Russia

³Denezhkin Kamen Nature Reserve, Severouralsk, Russia

fomovoz@gmail.com

600 YEARS OF FIRE HISTORY IN REMOTE PINE FORESTS OF PECHORA-ILYCH NATURE BIOSPHERE RESERVE PIEDMONT SECTION

A 600-year fire history was reconstructed for the piedmont sector of the Pechora-Ilych Biosphere Reserve. The analysis revealed a variable fire regime, with an increase in activity starting in the 1680s and a pronounced peak in the 19th century, when most large fire years were recorded. Prior to this, the fire cycle was among the lowest reported for northern Europe. In contrast to the lowland sector, the foothills exhibited a later peak in fire activity, which is likely associated with land-use dynamics: permanent settlements emerged only in the 19th century, when fire was widely applied in slash-and-burn cultivation. We argue that this peak reflects predominantly anthropogenic influences, while the role of climatic variability in earlier periods requires further investigation through additional climate–fire analysis.

Keywords: wildfires, dendrochronology, slash-and-burn, fire cycle, land use

На протяжении тысячелетий лесные пожары – один из факторов формирования бореальных лесов, в некоторых случаях способствовали развитию и долговременному поддержанию светлохвойных лесов [4; 16], а также важный источник углерода в атмосфере [14]. Реконструкции истории пожаров позволяют проследить связь климата и человеческой деятельности с динамикой пожарной активности, что до сих пор остаётся предметом дискуссий. Методы дендрохронологии дают возможность восстанавливать пожары с точностью до года [7]. Наибольшую ценность такие исследования имеют на территориях с

минимальным хозяйственным воздействием, таких как, например, Печоро-Илычский заповедник, который включает равнинные, предгорные и горные ландшафты. Предшествующие исследования на равнинном участке показали увеличение пройденной огнем площади в XVII–XX вв., частично совпадающее с Малым Ледниковым периодом [12]. Настоящее исследование посвящено реконструкции пожарной истории неизученных сосновых лесов предгорного участка.

Печоро-Илычский биосферный заповедник (7,2 тыс. км²) расположен на западном склоне Урала в междуречье Печоры и Илыча. В предгорьях преобладает темнохвойная тайга с вкраплениями сосновых лесов. Для исследования выбраны массивы сосняков (1 450 га) у бывшей деревни Собинская Заостровка (ныне – кордон) на юго-западе предгорного участка заповедника, выделенные по данным Landsat [1]. Детальная реконструкция истории природопользования на этой территории позволяет учитывать антропогенный фактор [2]. Русское освоение бассейна Верхней Печоры началось с начала XIX в., в 1870-е годы здесь появились первые сельскохозяйственные угодья, а с 1882 г. упоминается деревня. Несмотря на образование заповедника в 1930 году, подсечно-огневое земледелие применялось до конца 1940-х., а сенокошение продолжалось до 1990 г., что могло повлиять на пожарный режим.

Отбор образцов проводили маршрутным методом на пробных площадях (ПП) размером около 2 га, случайно распределённых на расстоянии до 1 км друг от друга. Из деревьев и мёртвой древесины с пожарными подсушинами были отобраны частичные поперечные спилы [9]. Каждый образец шлифовали, сканировали в высоком разрешении, после чего проводили стандартный дендрохронологический анализ [5], визуально определяя реперные кольца. Измерения и кросс-датировку выполняли в ПО CDendro&CooRecorder [8] с применением референсной хронологии из работы по равнинному участку [12]. Пожарную активность оценивали по показателям пожарного цикла (fire cycle, FC) — времени, необходимому для полного выгорания исследуемой территории [13; 15], и частоты пожаров (fire occurrence, FO) — динамике их количества по десятилетиям. Для расчёта FC общую площадь ПП представляли как участок с буфером радиусом 500 м за вычетом водных объектов. Статистически значимые изменения FC и FO определяли по алгоритму Родионова [11]. Дополнительно выделяли большие пожарные годы (large fire years, LFYs), когда пожары фиксировались минимум на четырёх ПП.

Полученная в результате датировки 397 образцов древесно-кольцевая хронология охватывает период с 1333 по 2022 гг. Всего датировано 82 года с пожарами с 1409 по 2010 гг. По FC и FO выделили несколько периодов с разной пожарной активностью (рисунок, таблица). Эти показатели изменялись синхронно, частота и площади пожаров растут с конца XVII (FC = 72, FO = 2.33) в с пиком пожарной активности на протяжении XIX в (FC = 35, FO = 4.11). В XX веке пожарная активность снижается (FC = 109, FO = 2), но не возвращается к низким показателям XV-XVII вв (FC = 258, FO = 0.26).

На предгорном участке Печоро-Илычского заповедника лесные пожары случались на протяжении последних 600 лет, определив современное состояние и структурно-функциональную организацию сосновых экосистем. Динамика пожарной активности была непостоянной. До конца XVII в пожарный цикл был самым длинным среди реконструированных в Северной Европе [6, 10, 12, 13, 17]. Рост начинается в 1680-х гг., пик приходится на XIX век, на этот же период приходится большинство LFYs (8 из 10). Динамика количества пожаров по десятилетиям почти совпадает с динамикой пожарного цикла. История пожаров предгорного участка отличается от равнинного более поздним началом и пиком пожарной активности, а также совпадением динамики пожарного цикла и частоты пожаров. Это, вероятно, связано с историей освоения: первые поселения на равнинном участке появились уже в XVII в., тогда как на предгорной территории — только в XIX в., что могло повлиять на частоту пожаров, в то время как их площадь была обусловлена климатическими факторами [12]. Реконструкция в большей степени отражает историю землепользования: в конце XIX — начале XX вв. в деревне Собинская Заостровка проживало

до 50 человек, которые с помощью огня расчищали участки под сенокосы и пашни [3]. На результаты также могло повлиять близкое расположение пробных площадей относительно деревни и меньшая площадь исследования по сравнению с равнинным участком. Рост пожарной активности в XVII в. пока не объяснен: предполагается использование огня в сосновых лесах вогулами для сохранения оленьих пастбищ, но прямых свидетельств этому нет, необходимы дополнительные палеоэкологические исследования. Следующим этапом работы планируется анализ климатических данных за исследуемый период.

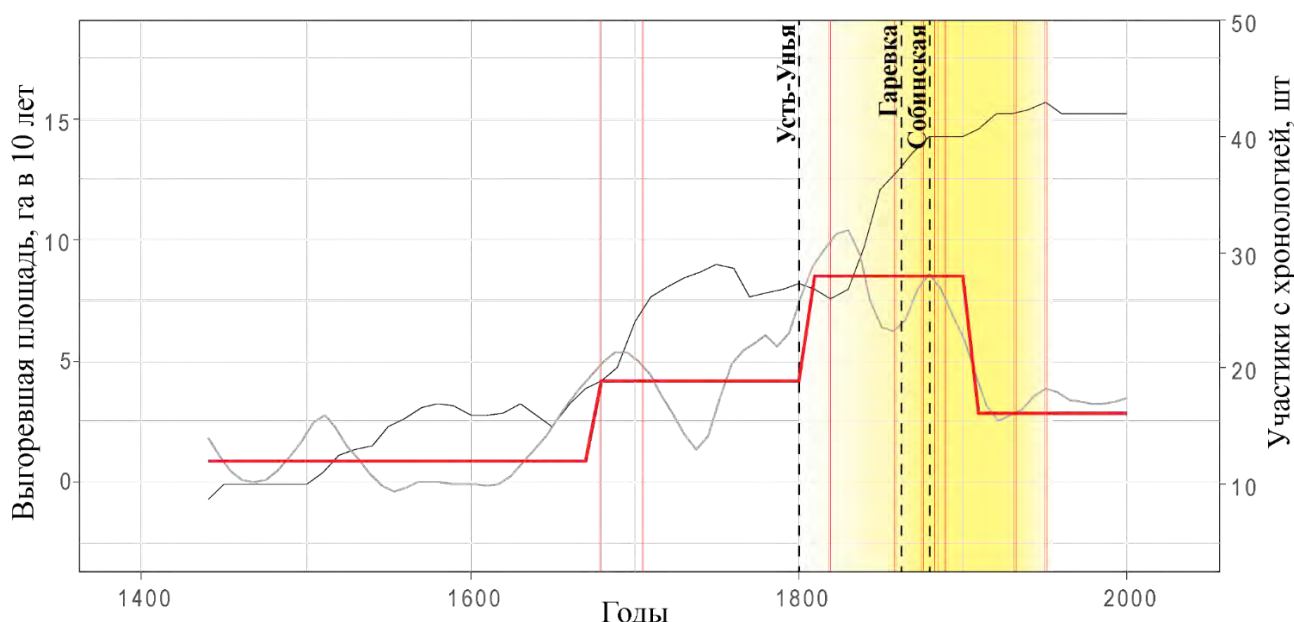


Рис. 1. Динамика среднего FC (красный график). Красные вертикальные линии – LFYs, черные вертикальные пунктирные линии – даты появления деревень, желтая градиентная область – период максимальной антропогенной активности. Серая линия графика – площади пожаров, черная линия графика – количество участков, с которых получена хронология

Статья подготовлена по материалам исследований по теме Государственного задания Института географии РАН FMWS-2024-0007. Финансирование полевых и лабораторных исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса РАН).

Список литературы

1. Алейников А.А. Историко-географические причины сохранности ненарушенных темных лесов Северного Урала // Лесоведение. 2021. Т. 902. № 6. Р. 593–608
2. Ершов Д.В., Бурцева В.С., Гаврилюк Е.А., Королева Н.В., Алейников А.А. Диагностика современного сукцессионного состояния лесных экосистем Печоро-Ильчского заповедника по спутниковым тематическим продуктам // Лесоведение. 2017. № 5. Р. 3–15.
3. Aleinikov A., Lisitsyna O. Archival Analysis of Slash-And-Burn Agriculture in the Northern Ural Mountains at the End of the Nineteenth Century // Human Ecology. 2023. Vol. 51. № 4. P. 671–683
4. Barhoumi C., Ali A., Peyron O., Dugerdil L., Borisova O., Golubeva Y., Subetto D., Kryshen A., Drobyshev I., Ryzhkova N., Joannin S. Did long-term fire control the coniferous boreal forest composition of the northern Ural region (Komi Republic, Russia)? // Journal of Biogeography. 2020. Vol. 47. Iss. 11. P. 2426–2441
5. Cook E.R., Kairiukstis L.A. Methods of Dendrochronology. // Springer Netherlands, 1990. Vol. 58. 403 p.
6. Drobyshev I., Ryzhkova N., Niklasson M., Zhukov A., Mullonen I., Pinto G., Kryshen A.

Marginal imprint of human land use upon fire history in a mire-dominated boreal landscape of the Veps Highland, North-West Russia // *Forest Ecology and Management*. 2022. Vol. 507. P. 120007.

7. *Farris C., Baisan C., Falk A., Yool S., Swetnam T.* Spatial and temporal corroboration of a fire-scar-based fire history in a frequently burned ponderosa pine forest // *Ecological Applications*. 2010. Vol. 20. Iss. 6. P. 1598–1614.

8. *Larsson L.* Cybis dendro dating program v. 9.0 // Cybis Elektronik and Data AB, 2017.

9. *Niklasson M., Granstrom A.* Numbers and Sizes of Fires: Long-Term Spatially Explicit Fire History in a Swedish Boreal Landscape // *Ecology*. 2000. Vol. 81. № 6. P. 1484.

10. *Pinto G., Niklasson M., Ryzhkova N., Drobyshev I.* A 500-year history of forest fires in Sala area, central Sweden, shows the earliest known onset of fire suppression in Scandinavia // *Regional Environmental Change*. 2020. Vol. 20. Iss. 4. P. 130

11. *Rodionov S.* A sequential algorithm for testing climate regime shifts // *Geophysical Research Letters*. 2004. Vol. 31. Iss. 9. P. 2-5

12. *Ryzhkova N., Kryshen A., Niklasson M., Pinto G., Aleinikov A., Kutuyavin I., Bergeron Y., Ali A., Drobyshev I.* Climate drove the fire cycle and humans influenced fire occurrence in the East European boreal forest // *Ecological Monographs*. 2022. Vol. 92. Iss. 4. P. 1-19.

13. *Ryzhkova N., Pinto G., Kryshen' A., Bergeron Y., Ols C., Drobyshev I.* Multi-century reconstruction suggests complex interactions of climate and human controls of forest fire activity in a Karelian boreal landscape, North-West Russia // *Forest Ecology and Management*. 2020. Vol. 459. P. 117770

14. *Singh S.* Forest fire emissions: A contribution to global climate change // *Frontiers in Forests and Global Change*. 2022. Vol. 5. P. 1-11

15. *Van Wagner C.* Age-class distribution and the forest fire cycle // *Canadian Journal of Forest Research*. 1978. Vol. 8. Iss. 2. P. 220-227

16. *Wallenius T., Pitkänen A., Kuuluvainen T., Pennanen J., Karttunen H.* Fire history and forest age distribution of an unmanaged *Picea abies* dominated landscape // *Canadian Journal of Forest Research*. 2005. Vol. 35. Iss. 7. P. 1540-1552

17. *Zin E., Kuberski Ł., Drobyshev I., Niklasson M.* First Spatial Reconstruction of Past Fires in Temperate Europe Suggests Large Variability of Fire Sizes and an Important Role of Human-Related Ignitions // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022. Vol. 10. P. 1-14

ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ ОЗЕРА СОККАСЕНЛАМПИ (ОСТРОВ ЛУНКУЛАНСААРИ, ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО) ПО ДАННЫМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО И БОТАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ

В статье рассматривается история оз. Соккасенлампи (о. Лункулансаари), отделившегося от Ладожского озера в конце суббореального периода. Для реконструкции этапов развития озера используется палинологический анализ (динамика пыльцы макрофитов). Формирование торфяной залежи рассматривается по результатам ботанического анализа макроостатков. Установлены смены типов леса на территории исследования, периоды развития оз. Соккасенлампи в свете трансгрессивно-регрессивных фаз Ладожского озера и процессы торфообразования на конечном этапе сукцессии водоема.

Ключевые слова: донные отложения, пыльца макрофитов, макроостатки, изоляция озера

T.Yu. Gazizova, N.Yu. Korneenkova, T.V. Sapelko
Institute of Limnology Russian Academy of Sciences SPC RAS, Saint-Petersburg, Russia
tssml@bk.ru

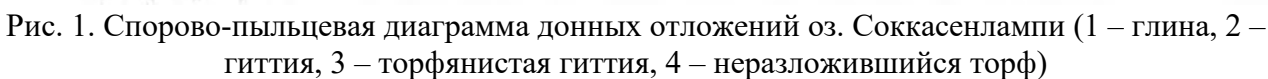
LATE HOLOCENE HISTORY OF LAKE SOKKASENLAMPI (LUNKULANSAARI ISLAND, LAKE LADOGA) BASED ON PALYNOLOGICAL AND BOTANICAL ANALYSIS

The article considered the history of Lake Sokkasenlampi (Lunkulansaari Island) that isolated from Lake Ladoga at the end of the Subboreal period. To reconstruct the lake's development stages, pollen analysis (macrophyte pollen dynamics) is used. The formation of peat deposits is considered based on the results of macrofossil analysis. Changes of forest types in the study area and stages of Lake Sokkasenlampi development in the light of the Lake Ladoga transgressive-regressive phases and the peat formation processes at the final stage of the lake succession have been established.

Keywords: lake sediments, macrophyte pollen, macrofossil, lake isolation

Озеро Соккасенлампи расположено в северо-восточной части Ладожского озера на о. Лункулансаари, территориально относящемуся к подзоне средней тайги. Озеро находится на абсолютной высоте 14 м над уровнем моря, на первоначальных этапах своего развития оно являлось частью Ладоги, но изолировалось в ходе регрессии последней. Его глубина достигает 2 м, площадь составляет 1450 м². В рамках комплексных палеолиминалогических исследований Института озероведения были изучены поверхностные пробы, колонка донных отложений озера и торфяная залежь на берегу озера, выполнено радиоуглеродное датирование. Донные отложения сложены глиной, гиттией, торфянистой гиттией и неразложившимся торфом в верхней части.

По данным спорово-пыльцевого анализа реконструирована позднеголоценовая растительность (рис. 1), а ключевым элементом в изучении этапов развития озера стали водные растения. Методика использования пыльцы макрофитов для реконструкции истории озер и уточнения процесса изоляции от более крупного водоема применяется для островных озер в акватории Ладоги [1-5]. По данным ботанического анализа был рассмотрен процесс торфообразования (рис. 2). Оценка возраста отложений выполнялась методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS) на базе лаборатории изотопной геохимии Института геохимии Гуанчжоу Китайской академии наук (GIGCAS), Гуанчжоу, Китай. Радиоуглеродные даты откалиброваны в программе OxCal версии 4.4 с помощью калибровочной кривой IntCal20 [6].



По данным изучения отложений оз. Соккасенлампи палинологическим, ботаническим и радиоуглеродным методами были выделены этапы развития озера в позднем голоцене (рис. 3). На **первом этапе** (до 2865 кал. л. н.) в суббореальном периоде территория оз. Соккасенлампи была покрыта водами Ладожского озера. Это был трансгрессивный период развития Ладоги. В заливе накапливались серые глины. Бедная водная растительность была представлена кувшинкой чисто-белой и ежеголовниками. По берегам развивались сосновые

и еловые леса с березой, черной ольхой на увлажненных участках и небольшой примесью широколиственных пород (лещина, вяз).

На **втором этапе** (начался 2865 кал. л. н.) произошла регрессия Ладоги, вызвавшая изоляцию оз. Соккасенлампи. На диаграмме этот процесс индицируется временным исчезновением пыльцы водных растений, за исключением прибрежных видов – частухи и рогоза широколистного. В бассейне стала накапливаться темно-бурая гиттия. Продолжают существовать сосновые и еловые леса, на освободившихся от вод Ладоги территориях начинают разрастаться березняки. При этом пик пыльцы березы соответствует появлению пыльцы макрофитов. Заметно возрастает роль спор грибов *Glomus*, что говорит об активных эрозионных процессах в связи с регрессией Ладоги. Этап относится к концу суббореала – началу субатлантика. Климатическая обстановка благоприятная, о чем свидетельствует высокая роль ели и широколиственных пород.

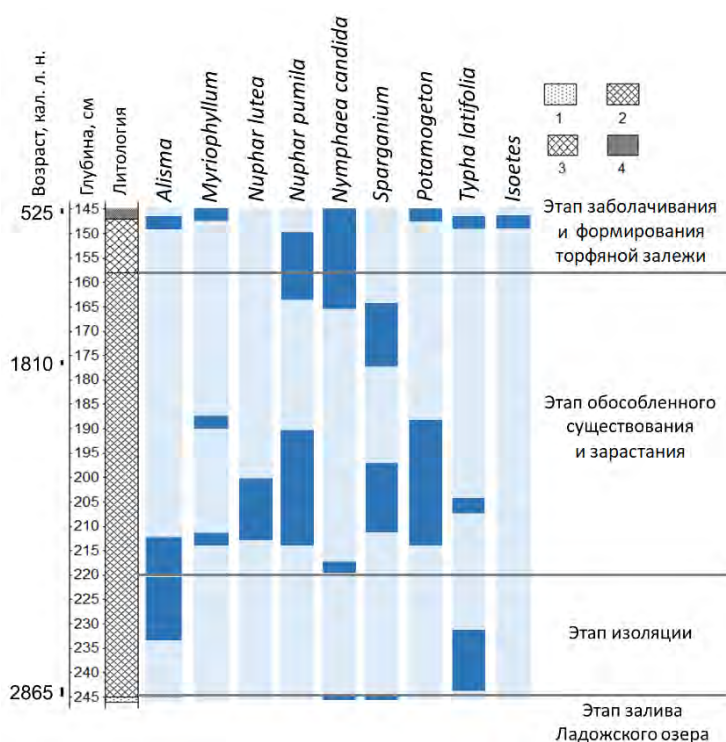


Рис. 3. Динамика пыльцы водных растений оз. Соккасенлампи. Условные обозначения: 1 – глина, 2 – гиттия, 3 – торфянистая гиттия, 4 – неразложившийся торф

На **третьем этапе** в субатлантическом периоде голоцена происходит обособленное существование оз. Соккасенлампи и начинаются процессы зарастания. После окончательной изоляции от Ладоги в оз. Соккасенлампи формируется собственная экосистема, продолжают накапливаться гиттии. В оз. Соккасенлампи появляются уруть, кубышки желтая и малая, рдесты и ежеголовники. Ближе к середине этапа в отложениях исчезает пыльца макрофитов и споры грибов *Glomus*, однако изменений в типе отложений не происходит. Позднее вновь отмечены кубышка малая и ежеголовники, появляется кувшинка чисто-белая. Распространение ели снижается, повышается доля открытых травянистых сообществ, что может свидетельствовать о некотором похолодании климата.

На **четвертом этапе** начинается активный процесс заболачивания озера, о чем говорит смена характера осадконакопления, начинается формирование торфянистой гиттии. В оз. Соккасенлампи доминирует кувшинка чисто-белая и кубышка малая. На окружающей территории распространяются березовые леса. Распространение сосновых и еловых лесов резко сокращается, что возможно связано с пожарами, а затем и с вырубками. Климат становится более прохладный. Ботанический анализ торфяной залежи (рис. 2) позволяет подробно рассмотреть процесс заболачивания. Нижний слой этого горизонта представлен

торфянистой гиттией, содержащей растительные остатки сфагновых мхов, вахты трехлистной, хвощей. Начинается начальный этап торфонакопления, формируется эвтрофное болото с низинными торфами. 525 кал. л. н. происходит смена отложений на неразложившийся торф. Водная растительность водоема представлена кувшинкой чисто-белой, частухой, полушником, урутью и ежеголовниками. По берегам растет рогоз широколистный. Существенно возрастает роль хвощей и осок. По берегам активно формируется торфяная залежь. Низинный торф сменяется низинным хвощовым торфом и затем – осоковым низинным торфом, появляется пушица узколистная. Верхний слой отложений соответствует мезотрофной стадии развития болота, преобладают сфагновые мхи. Выше формируется осоковый переходный торф. По мере развития болота создаются условия для произрастания сфагновых и пушицево-сфагновых мезотрофных сообществ, под которыми откладываются сфагновый и пушицево-сфагновый переходный торфа. Роль пушицы узколистной заметно возрастает, в настоящее время роль данного вида на сплаvine довольно высока.

В настоящее время на изучаемой территории произрастают березово-сосновые леса с елью и черной ольхой. В оз. Соккасенлампи растет кубышка желтая, кувшинка чисто-белая, рдесты, ежеголовники, уруть и полушники. Обилие и разнообразие макрофитов свидетельствует об интенсивных процессах зарастания.

В результате изучения озера Соккасенлампи на о. Лункулансаари прослежены этапы его формирования в результате изоляции от Ладожского озера и процессы самостоятельного развития, как малого озера. Подробное изучение пыльцы и макроостатков макрофитов позволило установить процессы изоляции озера и его дальнейшего заболачивания.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме № 0154-2024-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов».

Список литературы

1. Газизова Т.Ю., Сапелко Т.В. Обоснование значения пыльцы макрофитов для палеолимнологических реконструкций на примере озер острова Лункулансаари (северо-восток Ладожского озера) // Биосфера. 2020. Т. 12. № 4. С. 231–241.
2. Газизова Т.Ю., Сапелко Т.В. Роль пыльцы макрофитов в палеолимнологических исследованиях оз. Ховатанлампи // Материалы II Всероссийской научной конференции «Пути эволюционной географии» (Москва, 22-25 ноября 2021 г.). М.: Институт географии РАН, 2021. С. 73–76.
3. Сапелко Т.В. Газизова Т.Ю., Моисеенко А.Д., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Русанов А.Г. Особенности процесса изоляции озера Витальевское (остров Валаам) и динамика растительности в связи с изменением уровня Ладожского озера в позднем голоцене // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54. № 4. С. 72–89. <https://doi.org/10.31857/S2949178923040126>
4. Gazizova T., Sapelko T., Rusanov A. The dynamics of macrophytes in Lake Vitalievskoye (Valaam Island, Russia) after level changes of Lake Ladoga during the Late Holocene // Limnology and Freshwater Biology. 2022. Vol. 4. P. 1423-1425. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-4-1423>
5. Gazizova T., Sapelko T. Macrophyte pollen in the Late Holocene history studies of the Ladoga island lakes // Journal of Paleolimnology. 2024. Vol. 72. Iss. 4. P. 419–428. <https://doi.org/10.1007/s10933-024-00341-z>
12. Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kromer B., Manning S., Muscheler R., Palmer J., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Buntgen U., Capano M.,

Fahrni S., Kohler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reining F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62. Iss. 4. P. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>

СРАВНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ МЕТОДА КОНЦЕНТРАЦИЙ В ПАЛИНОЛОГИИ

В работе представлено сравнение нейронных моделей, используемых в создании нового аналитического стандарта для палинологических исследований (метод абсолютных концентраций) с использованием окрашенных спор *Lycopodium* sp. и цифровой микроскопии. Для автоматизированного подсчёта спор был сформирован размеченный датасет и протестированы нейросетевые модели YOLOv8-m и YOLOv11-seg-m. Модель YOLOv11-seg-m показала наивысшие показатели точности 0,94 против 0,9 и метрика mAP@0.5:0.95 составила 0,6 против 0,486, при этом её ресурсоёмкость позволяет проводить детекцию и сегментацию на маломощном оборудовании. Полученные результаты демонстрируют эффективность применения глубокого обучения для верификации и сертификации аналитических стандартов в палинологии.

Ключевые слова: глубокое обучение, анализ изображений, метод абсолютной концентрации

A.T. Galimov

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,

Yekaterinburg, Russia

galimov_at@ipae.uran.ru

COMPARISON OF DIFFERENT NEURAL MODELS FOR CREATING ANALYTICAL STANDARDS OF THE CONCENTRATION METHOD IN PALINOLOGY

This study presents a comparison of neural network models used in the development of a new analytical standard for palynological research (absolute concentration method) employing stained *Lycopodium* sp. spores and digital microscopy. For automated spore counting, a labeled dataset was created and the neural network models YOLOv8-m and YOLOv11-seg-m were tested. The YOLOv11-seg-m model demonstrated the highest accuracy (0.94 vs. 0.9) and an mAP@0.5:0.95 of 0.6 vs. 0.486, while its computational efficiency allows detection and segmentation on low-performance hardware. The results highlight the effectiveness of deep learning for verification and certification of analytical standards in palynology.

Keywords: deep learning, image analysis, absolute concentration method

Производство собственного аналитического стандарта для палинологических исследований связано с решением двух ключевых задач. Первая из них — подбор частиц, сопоставимых по размеру и плотности с пыльцевыми зёрнами. При этом необходимо, чтобы они заметно контрастировали с естественным спектром пыльцы и спор. Наиболее практичным вариантом считается окрашивание в необычные для природного материала оттенки. В данной работе предлагается использование спор *Lycopodium* sp., окрашенных сафранином-Т. Вторая задача заключается в максимально точном определении числа частиц в каждой единице стандарта. Для этого предлагается применять нейросетевую модель совместно с цифровой камерой микроскопа.

Исторически метод введения экзотического маркера (спор или пыльцы) в пробы для абсолютного подсчёта пыльцы был предложен в XX веке. Первое описание принадлежит Benninghoff [1], а в дальнейшем неоднократно предпринимались усовершенствования (например, [4]). Мировым стандартом до сих пор остаются таблетки, созданные в университете Лунда по методике Stockmarr [5]. Однако доступ к этим стандартам ограничен логистическими и финансовыми факторами. Более того, воспроизвести методику в полном

объёме сложно, так как при изготовлении таблеток используется дорогостоящий счётчик Коултера [6].

Цель работы: выбрать оптимальную нейронную модель для идентификации и подсчета спор *Lycoperidium* sp., используемых в создании аналитических стандартов для палинологии.

Для обучения и тестирования моделей были использованы изображения спор, полученные в результате специально подготовленной процедуры. Сначала окрашивание спор проводилось по методике Gardner, Gray [2]. Далее 100 мг окрашенных спор вносилось в 200 мл дистиллированной воды и перемешивалось на магнитной мешалке в течение 2 часов. Из полученной суспензии в 100 пластиковых пробирок объёмом 2 мл распределялось по 200 мкл.

Для формирования обучающей выборки из 30 пробирок отбирались по 30 капель объёмом 3 мкл, которые наносились на предметные стёкла. После высушивания проводилась фотофиксация на микроскопе Axio Imager A.2 в центре коллективного пользования научным оборудованием «Современные технологии для экологических исследований» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук. В результате было получено 900 микрофотографий, на основе которых выполнялся подсчёт спор в пробирках.

Для распознавания спор были использованы модели: YOLOv8-m и YOLOv11-seg-m. YOLOv8 представляет собой one-stage модель для компьютерного зрения, а YOLOv11 – её более новая модификация с оптимизированными блоками. Модель YOLOv11-seg предназначена для решения задачи сегментации, что позволяет не только находить объекты, но и выделять их контуры. Обучение проводилось с использованием стандартных параметров библиотеки Ultralytics YOLO [3] в Python: оптимизатор SGD, размер батча 8, скорость обучения (lr0) = 0.01, momentum = 0.937, weight decay = 0.0005, аугментации по умолчанию.

Все модели показывают высокие показатели метрик качества (табл. 1.), Модель YOLOv11-seg-m, обученная за 64 эпохи, показала более высокие значения по всем метрикам: precision = 0.944, recall = 0.970, mAP@0.5 = 0.987 и mAP@0.5:0.95 = 0.604. Для сравнения, модель YOLOv8-m, обучавшаяся дольше (100 эпох), продемонстрировала меньшую точность и полноту (precision = 0.909, recall = 0.939), а также заметно более низкие значения mAP@0.5 (0.955) и mAP@0.5:0.95 (0.487). Таким образом, YOLOv11-seg-m обеспечивает лучшую детекцию и качество предсказания контуров объектов при меньшем числе эпох.

Таблица 1. Результаты обучение моделей семейства YOLO

Модель	Эпохи	Precision	Recall	mAP@0.5	mAP@0.5:0.95
YOLOv11-seg-m	64	0.94437	0.96991	0.98706	0.60361
YOLOv8-m	100	0.90873	0.93935	0.95494	0.48663

Сравнение динамики обучения моделей представлено на рисунке 1. Для YOLOv8-m и YOLOv11-seg-m видно, что уже после 15-й эпохи вторая модель начинает демонстрировать лучшие результаты. Особенно это заметно по более строгому показателю mAP@0.5:0.95: превосходство YOLOv11-seg-m проявляется на ранних этапах обучения и далее уверенно увеличивается.

Несмотря на высокую эффективность, ресурсоёмкость модели остаётся относительно небольшой. Для YOLOv11-seg-m (138 слоёв, ~22,3 млн параметров, 123 GFLOPs) время обработки составляет в среднем 0,6 мс на предобработку, 36,9 мс на инференс и 3,6 мс на постобработку для одного изображения, тестирование проводилось на видеокарте NVIDIA GeForce RTX 3060 Ti (8 ГБ). Такие показатели позволяют проводить детекцию и сегментацию даже на сравнительно маломощных графических ускорителях, включая, что делает использование модели возможным в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

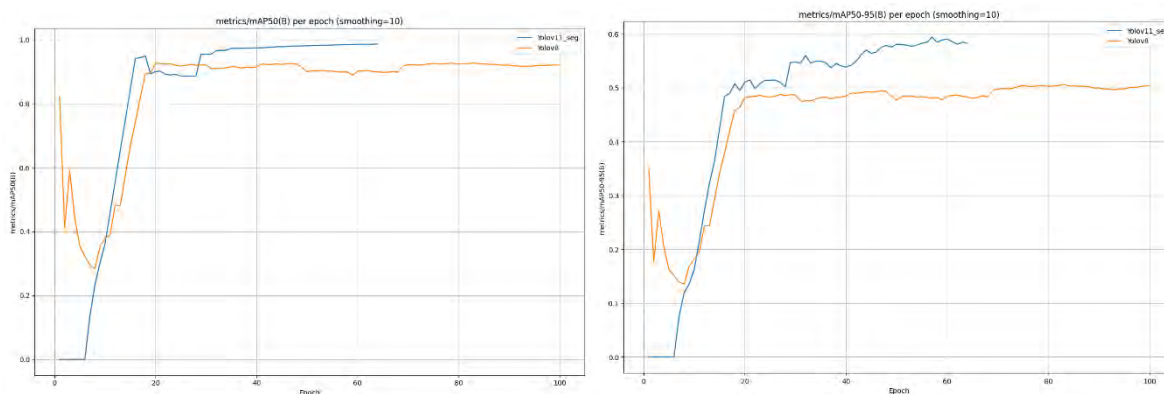


Рис. 1. Слева – сравнение метрики mAP@0.5 в ходе обучения для моделей YOLOv8-m и YOLOv11-seg-m; Справа – сравнение метрики mAP@0.5:0.95 в ходе обучения для моделей YOLOv8-m и YOLOv11-seg-m

Обучены нейросетевые модели, демонстрирующие высокую точность в задаче определения количества спор на изображениях ($mAP@0.5 = 0,98$). Сформирован размеченный датасет, включающий 120 изображений, пригодный для последующего использования в обучении и валидации моделей искусственного интеллекта.

Для использования в потоковой работе по распознаванию и подсчету спор при верификации и создании сертификата для партий аналитических стандартов оптимальным является использование модели, основанной на архитектуре YOLOv11-seg.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 22-14-00332-П «Фаунистические связи Европы и Азии в четвертичном периоде на примере широко распространенных мелких млекопитающих Северной Евразии».

Список литературы

1. Benninghoff W. Calculation of pollen and spore density in sediments by addition of exotic pollen in known quantities // Pollen et Spores. 1962. Iss. 4(2). P. 332–333.
2. Gardner G., Gray R. Tracing subsurface flow in karst regions using artificially colored spores // Bulletin of the Association of Engineering Geologists. 1976. Iss. 13. P. 177–197.
3. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. Ultralytics YOLO (Version 8.0.0). 2023. URL: <https://github.com/ultralytics/ultralytics> (дата обращения: 18.11.2024).
4. Kitaba I., Nakagawa T. Black ceramic spheres as marker grains for microfossil analyses, with improved chemical, physical, and optical properties // Quaternary International. 2017. Iss. 455. P. 166–169. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.08.052>
5. Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen et Spores. 1971. Iss. 13. P. 615–621.
6. Stockmarr J. Determination of spore concentration with an electronic particle counter // Danmarks Geologiske Undersøgelse, Raekke. 1973. Iss. 15. P. 87–89.

ИСКОПАЕМЫЕ И ПОЛУИСКОПАЕМЫЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматриваются виды млекопитающих, останки или следы пребывания которых на территории Тюменской области известны с конца плейстоцена, начала голоцена). В том числе приводятся и те виды млекопитающих, которые обитали на территории Тюменской области в исторический период, но в настоящее время их встречи не отмечаются.

Ключевые слова: млекопитающие, плейстоцен, голоцен, Тюменская область

S.N. Gashev

Tyumen State University, Tyumen, Russia

gsn-61@mail.ru

FOSSIL AND SEMI-EXCAVATED MAMMALS OF THE TYUMEN REGION

The article examines the species of mammals, the remains or traces of which on the territory of the Tyumen region have been known since the end of the Pleistocene, the beginning of the Holocene. Among them are those species of mammals that lived on the territory of the Tyumen region in the historical period, but currently their meetings are not noted.

Keywords: mammals, Pleistocene, Holocene, Tyumen region

В системе экологического мониторинга динамика фауны тех или иных групп животных представляет большой интерес [2]. Например, ряд антропогенных факторов могут менять видовые списки, в том числе и млекопитающих [1]. Наряду с этим, безусловно, не меньшее влияние оказывают и природные факторы, тем более действующие на больших временных периодах, например, как было показано нами ранее, в голоцене [5]. В данной статье мы рассмотрим список видов млекопитающих, останки или следы пребывания которых на территории Тюменской области известны с конца плейстоцена (# ископаемые). Кроме того, приведем и те виды млекопитающих, которые обитали на территории области с момента научного изучения фауны Тюменской области – с XVII века, но в настоящее время их встречи не отмечаются (полуископаемые). Опубликованный нами обзор четвертичной (плейстоцен-голоценовой) фауны млекопитающих Тюменской области, насчитывал 180 видов [3; 4]. В настоящие списки мы не включаем древние, но реинтродуцированные виды области (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758, *Ovibos moschatus* Zimmermann, 1780, *Bison priscus deminutus* V.Громова, 1935 и др.), а также те, которые, исходя из ареалов, наверняка обитали на данной территории, но не имеется достоверных остеологических данных об этом.

Отряд ЗАЙЦЕОБРАЗНЫЕ – LAGOMORPHA Brandt, 1855.

Lepus tanaiticus Gureev, 1964. С конца позднего плейстоцена до начала голоцена обитали по всей территории: находки останков донского зайца из среднего голоцена и даже начала позднего голоцена известны с Урала (северные районы).

Ochotona pusilla Pallas, 1768. *Ochotona* sp. с плиоцена встречались в степных районах на юг от нижнего течения Иртыша; плейстоценовые остатки известны оттуда же. *Ochotona* cf. *pusilla* - ископаемые плейстоценовые находки к югу от 62 гр. с.ш. и на юго-западе области, известны среднеплейстоценовые находки с м/р-я Рахимовское на р. Вагай в Вагайском районе. Сейчас на территории области не отмечается.

Отряд ГРЫЗУНЫ – RODENTIA Bowdich, 1821.

Spermophilus superciliosus Kaup, 1839. С позднего плиоцена по голоцен. Обитали в южной лесостепи и степи области, в плейстоцене - в степях на юг от нижнего течения Иртыша. Эоплейстоценовые остатки известны у сел Романово и Скородум на Иртыше, а из среднего плейстоцена – на р. Демьянке (Шахматовка и Ярсино).

Spermophilus pygmaeus pygmaeus Pallas, 1778. Учитывая заметки М. Рузского, вид нужно отнести к категории «встречался ранее, но в последние годы не отмечен».

Marmota bobac Muller, 1776. Обитал с конца среднего плейстоцена до позднего голоцена. Костные остатки найдены в Исетском районе на р. Исеть. Но с конца XIX века не отмечен для юга Тюменской области.

Trogonterium cuvieri Fischer von Waldheim, 1809. Эоплейстоценовые остатки известны из окрестностей с. Романово на р.Иртыш, *Trogonterium sf. cuvieri* известен по костным остаткам из позднего эоплейстоцена в окрестностях села Скородум на р. Иртыш.

Alactagulus pygmaeus pygmaeus Pallas, 1778. Обитали со среднего плейстоцена до голоцена. Отмечен М. Рузским только на юге Тобольской губернии в XIX веке. Данных о современных встречах вида в области нет. Мы относим вид к категории «возможно, встречался ранее, в настоящее время не встречается».

Myospalax myospalax myospalax Laxmann, 1773. Вид известен со среднего плейстоцена до голоцена. Возможно, он встречался на территории южной части Тюменской области в период середина-конец плейстоцена. В современное время в области отсутствует.

Pliomys sp. Средний плиоцен - средний плейстоцен на территории Евразии. Остатки из эоплейстоцена найдены в окрестностях села Романово на реке Иртыш.

Clethrionomys (=Myodes) *major* sp. nov. Полевки описаны только с территории Сибири. Остатки из эоплейстоцена известны из скородумовской фауны у Скородумово и Романово Усть-Ишимского района.

Prolagurus posterius Zazhigin, 1969. Известен из раннего плейстоцена в южных и центральных районах России и степных местообитаниях в Западной Сибири.

Prolagurus pannonicus Kormos, 1930. Известен с конца древнего до раннего плейстоцена от Западной Европы до Забайкалья. Останки из позднего и эоплейстоцена найдены в районе Тобольска, сел, Романово, Скородум и Надцы.

Eolagurus argyropuloi I.Gromov et Parfenova, 1951; # *Eolagurus cf. simplicidentis* Young, 1934 и *Eolagurus cf. luteus*. *Eolagurus* sp. Известны с конца древнего плейстоцена по голоцен; в плейстоцене встречались к югу от 56 градуса с.ш. в степях области, известны также из низовий реки Вагай.

Lagurus transiens Janossy, 1962 и # *Lagurus aff. transiens*. Известны эоплейстоценовые находки у с. Кошелево, а среднеплейстоценовые – с. Чембакчино на р. Иртыш.

Dicrostonyx meridionalis. Костные остатки *Dicrostonyx* sp. известны с раннего до позднего плейстоцена с низовий р. Иртыш (Горноправдинска и Бобровка). Это самая древняя примитивная форма, останки из позднего плейстоцена которой, описаны из районов Тобольска, Романово, Скородума и Надцов.

Возможно, эти останки принадлежат двум разным раннеплейстоценовым (эоплейстоценовым) видам рода *Predicrostonyx* - # *P.horkinsi* и # *P.compitalis*.

Dicrostonyx simplicior Fejfar, 1966 и # *Dicrostonyx okaensis* Alexandrova. плейстоценовые остатки первого вида известны из района под Тюменью, а среднеплейстоценовые остатки (раннесамаровская фауна) # *Dicrostonyx sf. simplicior* найдены у с. Горная Суббота. Костные остатки второго вида найдены в районе Нижней Оби (п. Хашгорт), а из среднего и позднего плейстоцена – в районе села Березово. По мнению Н.Г. Смирнова, в среднем плейстоцене, фаунистическая характеристика ареала # *Dicrostonyx simplicior* и # *Dicrostonyx okaensis* была практически такой же, как вида # *Dicrostonyx guilielmi* из позднего плейстоцена.

Dicrostonyx guilielmi Sanford, 1869. С позднего плейстоцена вид обитал в тундрах области в составе лемминговых и смешанных фаун (Ямал, в низовьях и широтном течении

Оби и ее притоках Вах и Малый Юган), а также на реке Демьянке. Костные остатки # *Dicrostonyx sf. guilielmi* были найдены из слоев среднего и позднего плейстоцена в районе Березово, Горнокалымск, Хашгорт, Пельях-Юган, на Нижней Оби, а также на Ямале (река Юрибей).

Mimomys intermedius Newton, 1881 (возможно = # *Mimomys ex gr. savini* Hinton). Останки известны с конца плиоцена до второй половины раннего плейстоцена. В области встречены в районе нижнего течения реки Вагай, а остатки из эоплейстоцена известны также в районе сел Романово и Скородум (р. Иртыш).

Mimomys pusillus Mehely, 1914. Для # *Mimomys aff. pusillus* обычны находки из позднего плейстоцена, а остатки из эоплейстоцена найдены в Тюменской области в районе среднего течения Иртыша (Романово и Скородум).

Mimomys ex gr. reidi Hinton, 1910. Некоторые систематики считают этот вид = # *Mimomys newtoni* F.Major, 1902 = # *Mimomys pusillus* Mehely, 1914. Но # *Mimomys reidi* описан из несколько более древних отложений, чем # *Mimomys newtoni*. Известны с позднего плиоцена до раннего плейстоцена от Европы до Забайкалья. Останки из верхнего- и эоплейстоцена найдены на реке Иртыш (Карташево).

Mimomys sf. pliocaenicus F.Major, 1902. Известен с конца позднего плиоцена по конец раннего плейстоцена от Европы до Прииртышья. Останки из верхнего и эоплейстоцена найдены на реке Иртыш (Карташево). Останки крупного подвида # *M. p. ex gr. polonicus* Kowalski, 1960 из эоплейстоцена известны в окрестностях сел Романово и Скородум на реке Иртыш.

Arvicola mosbachensis Schmidtgen, 1911. Самые древние останки найдены именно в Западной Сибири. Вместе с другими вымершими видами может представлять одну из самых ранних стадий дивергенции *Arvicola* от *Mimomys*. Возможно, что в фауне области следующая из них была # *Arvicola kalmakensis* Zazhigin, 1980 (находки известны из среднего плейстоцена междуречья Оби и Иртыша).

Allophajomys pliocaenicus Kormos, 1932. Останки из позднего и эоплейстоцена найдены в районе г. Тобольска, а также сел Скородум, Романово, Крапивы и Надцы.

? *Microtus hintoni* Kretzoi, 1941. Останки известны с конца эоплейстоцена по ранний плейстоцен в центральной и западной районах Сибири.

Microtus malei Hinton, 1907. Западноевропейская полевка из раннего плейстоцена по строению коренных зубов может рассматривается как исходная форма в ранее общей группе *oeconomus-nivalis*. Останки из среднего плейстоцена найдены у сел Чембакчина и Семейка на реке Иртыш, а также у села Ярсино на реке Демьянка.

Отряд ХИЩНЫЕ – CARNIVORA Bowdich, 1821.

Ursus spelaeus Rosenmuller et Heinroth, 1794. Обитали со среднего по позднего плейстоцена. Подвид # *U. s. kanivetz* N. Verestchagin, 1973 известен из районов Урала и Северного Зауралья.

Ursus rossicus Borissiak, 1930 (# *Ursus rossicus*, сведен недавно в ранг подвида # *U. savini rossicus*). Средний – поздний плейстоцен. Большая часть находок # *U. savini rossicus* на территории области сделана на местонахождениях Среднего Приобья. Находки с берегов Иртыша также известны, но скудны, как и информация о них. Известны находки под г. Н., в Вагайском районе (среднеплейстоценовое м/р-ние Рахимовское) и в Аббатском районе (м/р-ние Гусиный остров).

Crocota spelaea Goldfuss, 1823. Обитала с раннего по поздний плейстоцен. Видимо, исчезла только в начале голоцена. Населяла тундро-степи Северного Зауралья. В Тюменской области найдена только в Аббатском районе (Гусиный остров на р. Ишим).

Pantera spelaea Goldfuss, 1810. Ранний – поздний плейстоцен. Найдены останки в районе Среднего Зауралья. В Тюменской области видимо обитала к югу от 62 градуса с.ш., известны останки из верхнего плейстоцена у сел Горная Суббота и Семейка на реке Иртыш, по его широтному течению, а также известны находки костного материала из Аббатского района на реке Ишим и Вагайского района на реке Вагай.

Отряд ХОБОТНЫЕ – PROBOSCIDEA Illiger, 1811.

Mastodon borsoni Hays, 1834. Известен из среднего миоцена по древний плейстоцен в Казахстане, на Южном Урале и в Западной Сибири. Найденный в районе г. Ханты-Мансийска зуб мастодонта хранится в краеведческом музее. Второй зуб (из сборов И.Я. Словцова в приграничных районах Омской области) хранится в коллекции Тюменского областного краеведческого музея.

Archidiskodon gromovi Garutt et Alexeeva, 1965 и # *Archidiskodon meridionalis* Nesti, 1825. Известны находки с позднего плиоцена по древний плейстоцен в Казахстане и Западной Сибири, где относятся к подпуск-лебяжьиному и кизихинскому фаунистическим комплексам.

Archidiskodon trogontherii Pohlig, 1885. Вид встречался в раннем плейстоцене на юге Сибири и в Западной Сибири (Вяткинский фаунистический комплекс). Останки вида (= # *Elephas wustii* M. Pavlov) известны из эоплейстоцена на реке Иртыш (Скородум), а из нижнего плейстоцена – с Нижнего Иртыша. Останки из среднего плейстоцена найдены в районе сел Скородум и Абалак. Уникальный скелет трогонтериевого слона из района Нижнего Иртыша - Среднего Приобья находится в коллекции Музея природы Ханты-Мансийского автономного округа-Югры.

Mammuthus chosaricus Dubrovo, 1966. Вид обитал в среднем плейстоцене, в том числе на юге Сибири и в Казахстане. Были найдены его (= # *M. trogontherii* Pohlig) останки в слоях среднего плейстоцена на Иртыше (Скородум, Абалак и Черная).

Mammuthus primigenius Blumenbach, 1799. Известен со среднего плейстоцена по голоцен. Входил в состав верхнепалеолитического хвалынского фаунистического комплекса. Костные останки мамонта многочисленны от побережья Северного ледовитого океана до южных районов области и южнее.

Palaeoloxodon antiquus Falconer et Cautley, 1847. Вид из раннего по поздний плейстоцен юга Западной Сибири и Казахстана.

Отряд НЕПАРНОКОПЫТНЫЕ – PERISSODACTYLA Owen, 1848.

Equus gmelini gmelini Antonius, 1912. Обитали в тундро-степи всей Тюменской области, вымерли, видимо, на рубеже плейстоцена и голоцена, а в лесостепи еще позже – в течение голоцена. Останки из среднего плейстоцена известны из под Тобольска, а позднеплейстоценовые - с реки Юрибей.

Equus ex gr. Sanmeniensis. Эоплейстоценовые остатки группы вида найдены у с.Скородум на Иртыше.

Equus ex gr. Mosbachensis. Нижнеплейстоценовые остатки группы вида найдены у с.Сузгун на Иртыше.

Equus hemionus Pallas, 1775. По всей видимости, встречался со среднего плейстоцена по современность. В Тюменской области известна находка ископаемых остатков # *E. h. finschii* Matschie, 1911 из отложений реки Ишим из Абатского района («Гусиный остров»).

Dicerorhinus kirchbergensis Jaeger, 1839. Известен с раннего по средний плейстоцен. В Западной Сибири это Вяткинский комплекс.

Coelodonta antiquitatis Blumenbach, 1799. Средний – поздний плейстоцен; обитали в тундро-степях Тюменской области. Многочисленные среднеплейстоценовые находки описаны из районов Ишима, Тобольска; из под Салаирки с реки Тура, из Вагайского и Абатского районов, позднеплейстоценовые останки найдены на реке Юрибей (пос. Нямяю-Надо).

Elasmotherium sibiricum Fischer von Waldheim, 1808. Находки известны из раннего по средний плейстоцен. Неопределенные до вида среднеплейстоценовые находки вида # *Elasmotherium* sp. найдены в Абатском районе и у села Скородум на реке Ишим. Относительно недавно - в 2013 году останки эласмотерия найдены П. Косинцевым у города Тобольск.

Отряд ПАРНОКОПЫТНЫЕ – ARTIODACTYLA – Owen, 1848.

Camelus ferus Przewalski, 1883. Возможно, встречались с позднего плейстоцена по голоцен. В плейстоцене могли обитать на территории лесостепного юга современной Тюменской области, но изменили свой ареал в голоцене на пустыни и полупустыни Средней Азии. Известна челюсть дикого верблюда на Гусином острове р. Ишим (Абатский район).

Megaloceras giganteus giganteus Blumenbach, 1803. Средний - поздний плейстоцен. Раннеголоценовые остатки известны из с Урала и в Зауралье. Обитали к югу от низовий р. Иртыш. Имеются остатки из района Тобольской горы, а в Абатском музее - из памятника "Гусиный остров". Рога некрупной особи найдены на р. Тобол в районе Караульного Яра.

Alces latifrons latifrons Johnson, 1874. Ранний плейстоцен. Останки из эоплейстоцена известны на Иртыше (с. Скородум), из нижнего плейстоцена – из низовий реки Иртыш. Есть останки из среднего плейстоцена (д. Миссия, с. Надцы и нижнее течение реки Вагай), а также из верхнего и эоплейстоцена (Тобольск, устье реки Ишим).

Bos primigenius Bojanus, 1827. Обитал с позднего плейстоцена до голоцена. Встречались на лесостепном юге Западной Сибири, к югу от 56 гр. с.ш. Однако, в коллекции ТОКМ есть останки из района Нижней Тавды (южная тайга).

Bison schoetensacki schoetensacki Freudenberg, 1910. Известен с раннего по начало среднего плейстоцена (вяткинская фауна). Останки из нижнего плейстоцена известны из района выше устья реки Ишим.

Bison cf. suchovi Alexeeva, 1967. Возможно, ранний плейстоцен (?). Вид известен лишь по правому рогу из находок на бечевнике реки Иртыш (Семейкинский яр).

Bison bonasus bonasus Linnaeus, 1758. Обитал с позднего плейстоцена по голоцен в Европе. Однако, субфосильный (?) череп вида есть в коллекции ТОКМ.

Saiga tatarica Linnaeus, 1758. Вид встречался со среднего плейстоцена по голоцен. В плейстоцене в степных районах современной Тюменской области к югу от 62 градуса с.ш. Останки из неоплейстоцена найдены по меридиональному и широтному участкам р. Иртыш. Известны находки в Абатском районе на р. Ишим и в районе сел Нижняя Тавда и Худяково.

Praeovibos priscus Staudinger, 1908. Ранний плейстоцен. Череп вида найден на бечевнике реки Иртыш в пос. Горноправдинск. Останки вида известны на широтном Иртыше. Неопределенные до вида верхнее-эоплейстоценовые останки найдены на р. Ишим у села Красноярка, а также из нижнего плейстоцена - выше устья реки Ишим.

Ovibos pallantis H.Smith, 1827. Известен из позднего плейстоцена в тундровых и перигляциальных районах области. Останки найдены на бечевнике у основания Тобольской горы, у д. Байчара, М. Бича (Иртыш), в районе п. Гыда на Гыданском полуострове.

Таким образом, около четверти известных видов млекопитающих Тюменской области относится к ископаемым и полуископаемым.

Список литературы

1. Гашев С.Н. Влияние нефтяного загрязнения на фауну и экологию мелких млекопитающих Среднего Приобья / Автореф. дисс. на соиск. уч.ст. к.б.н. Свердловск: ИЭРИЖ УрО АН СССР, 1991. 26 с.

2. Гашев С.Н. Методика комплексной оценки состояния сообществ и популяций доминирующих видов или видов-индикаторов мелких млекопитающих, амфибий и рыб. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2005. 95 с.

3. Гашев С.Н., Сорокина Н.В., Хританько О.А. Каталог четвертичной (плейстоцен-голоценовой) фауны млекопитающих Тюменской области. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2006. 180 с.

4. Гашев С.Н., Сорокина Н.В., Хританько О.А. База данных «Рабочее место териолога». Свидетельство № 2013620056 (зарегистрировано в Реестре баз данных РФ 9 января 2013).

5. Gashev S., Aleshina O., Zuban I., Lupinos M., Mardonova L., Mitropolskiy M., Selukov A., Sorokina N., Stolbov V., Shapovalov S. Holocene faunal trends in Western Siberia and their causes. // *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017. Vol. 53. Iss. 8. P. 791–803.

ОТРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОДЕНУДАЦИИ В ГОЛОЦЕНЕ В СОВРЕМЕННОМ СТРОЕНИИ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ И СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КРИОЛИТОЗОНЫ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Процессы термоденудации влияют на динамику строения и особенности функционирования мерзлотных экосистем криолитозоны севера Западной Сибири как в голоцене, так и на современном этапе. Это отражается в современном строении мерзлотных почв: из вещества разрушаемых в ходе термоденудации фоновых почвенно-мерзлотных комплексов образуются новые синлитогенные почвы – термоденудационно-аккумулятивные стратоземы, в которых происходит новообразование переходного и промежуточного слоев мерзлых пород. Также процессы термоденудации формируют специфические структуры почвенного покрова, демонстрирующие высокую контрастность граничащих друг с другом почвенных ареалов.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, переходный слой, промежуточный слой, почвенно-мерзлотный комплекс, тундра

A.P. Ginzburg, A.V. Lupachev

Institute of physico-chemical and biological problems in soil science RAS, Pushchino, Russia

ginzburgap@yandex.ru

REFLECTION OF HOLOCENE THERMODENUDATION PROCESSES IN THE MODERN PERMAFROST-AFFECTED SOILS AND SOIL COVER STRUCTURE OF PERMAFROST ZONE IN NORTH-WESTERN SIBERIA

Thermodenudation processes influence the permafrost-affected ecosystems structure and functioning dynamics in the North-Western Siberia permafrost zone during the Holocene as well as nowadays. It reflects in the modern structure of permafrost-affected soils: new synlithogenous soils – thermodenudationally-accumulative stratozems, – develop on the matter of soil-cryogenic complexes, degrading with thermodenudation, wich accompanies with transient and intermediate permafrost layers new-formation. Thermodenudation processes also form the specific soil cover structures that demonstrate high contrasts of neighboring soil areas.

Keywords: permafrost, transient layer, intermediate layer, soil-cryogenic complex, tundra

Периоды с положительными трендами температуры и влажности воздуха, неоднократно фиксировались по результатам реконструкций палеоклиматических событий голоцена в Арктике и субарктике. На протяжении голоцена и в настоящее время рост температур воздуха и количества осадков сопровождался активизацией криогенного рельефообразования, особенно при неглубоком сезонном протаивании почв и высокой льдистости многолетнемерзлых пород (ММП) [1].

Термоденудация как комплекс криогенных склоновых процессов в значительной мере обусловлена климатическими колебаниями [2]. Формы мезорельефа, сформированные термоденудационными процессами – термоцирки и термотеррасы (ТЦ и ТТ), – чрезвычайно широко распространены в тундрах севера Западной Сибири [6]. В отличие от геоморфологических и экологических аспектов развития процессов термоденудации, гораздо менее подробно исследовано его влияние на почвообразование и структуру почвенного покрова. Изучение признаков процессов термоденудации в строении современных

мерзлотных почв и структуре почвенного покрова (СПП) может стать источником новых данных для реконструкций динамики природных процессов в голоцене.

В ходе процессов термоденудации на полуостровах Ямал и Гыданский разрушаются фоновые мерзлотные почвы – криоземы глееватые, а из смешанного и переотложенного органоминерального материала их профилей и подстилающих ММП в областях аккумуляции ТЦ и ТТ формируются новые почвы (рис. 1). При активной термоденудации, которая может периодически возобновляться, они развиваются как синлитогенные, а по завершении активной стадии термоденудации переходят на постлитогенный этап развития. Характерным признаком процесса термоденудации в истории развития почв является наличие в строении их профилей термоденудационно-аккумулятивного горизонта (рис. 1) – смешанного органоминерального, неструктурного и плохо сортированного материала, включающего в т.ч. полидисперсные растительные остатки различной степени разложения. Органогенный горизонт почвы, погребенной под слоем наноса, – важнейший палеоархив, позволяющий определить время очередной активизации термоденудационного процесса. По результатам работ М.О. Лейбман на полуострове Ямал, погребенные органогенные горизонты в ключевом ТЦ имеют возраст от 290 до 2 250 лет, что соответствует позднему голоцену и в целом согласуется с наблюдаемым в других регионах мира [6].



Рис. 1. Термоденудирующие (а) и новообразованные (б) почвенно-мерзлотные комплексы, вскрывающиеся в стенке термоцирка на центральном Ямале (фото О.В. Левочкиной)

По данным [3], на участках талых пород даже при незначительной дифференциации рельефа может происходить новообразование ММП. Аналогичные процессы могут происходить в ложах ТЦ в тундрах севера Западной Сибири по завершении активных стадий термоденудации. Так формируется новообразованный почвенно-мерзлотный комплекс (ПМК), включая переходный и промежуточный слои ММП [5]. Промерзая снизу, эти слои могут консервировать часть продуктов почвообразования, образованных на более ранних стадиях развития ПМК, что также может быть использовано при реконструкции динамики природных процессов.

Мезо-СПП склонов, подверженных термоденудации, представляют собой сочетания – контрастные комбинации с тесными генетическими связями между элементарными почвенными ареалами (ЭПА) [4]. Свойства ЭПА всецело зависят от морфологии, степени активности рельефообразующих процессов, ее ассоциации с другими формами и т.п. [2]. Тесная генетическая связь между ареалами разрушаемых постлитогенных и новообразуемых синлитогенных почв обусловлена наличием односторонних потоков вещества, которые

формирует мезорельеф. При стабилизации и зарастании поверхности ложа ТЦ, а также при прекращении поступления вещества, соседствующие в мезо-СПП ЭПА обособляются. Так происходит эволюция мезо-СПП по следующим стадиям: сочетания (тесные связи) – сочетания-мозаики (ослабление связей) – мозаики (слабые связи). Близкое территориальное расположение таких эволюционных рядов мезо-СПП наблюдаются в центральной части полуострова Ямал.

Во внутренних частях ТЦ микро-СПП может иметь организацию высокой сложности, включая тесно и слабо связанные ЭПА, наличие которых обусловлено сочетанием многих факторов – микро- и нанорельефа, водной эрозии, повторных сходов оползней, мерзлотных явлений, наличия снежников в ТЦ, а также различиями во времени стабилизации и начала зарастания поверхности. Важной особенностью региона является то, что большая часть лож ТЦ на ключевых участках внутриконтинентальных областей полуостровов Ямал и Гыданский имеет относительно неглубокие U-образные и корытообразные ложа, большая часть которых достаточно широка, в результате чего водный поток в ТЦ рассредоточен по небольшим руслам. Это позволяет некоторым участкам поверхности ложа относительно быстро стабилизироваться и начать заселяться пионерной растительностью.

Таким образом, изменения, которые привнесли процессы термоденудации в строение мерзлотных почв и подстилающих их ММП, а также СПП тундровых экосистем Западной Сибири в голоцене, имеют ряд хорошо различимых морфологических признаков и потому могут использоваться в крупно- и среднемасштабных палеоэкологических исследованиях природной среды этого региона.

Авторы благодарят сотрудников Института криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН за помощь в проведении полевых исследований.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, проект № 25-17-00010.

Список литературы

1. Каллаган Т.В., Величко А.А., Борисова О.К. Тундра в условиях меняющегося климата // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 4. С. 17–27.
2. Лейбман М.О., Кизяков А.И., Нестерова Н.Б., Тарасевич И.И. Классификация криогенно-оползневых форм рельефа для целей кратографирования и прогноза // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. № 69(4). С. 486–500. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-4-486-500>
3. Ривкин Ф.М., Булдович С.Н., Каверин Д.А. Парагенезис деградационных и аградационных процессов в мерзлых грунтах // Криосфера Земли. 2025. Т. XXIX. № 1. С. 25–36. <https://doi.org/10.15372/KZ20250103>
4. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М. Мысль, 1972. 423 с.
5. Lupachev A., Gubin S. The soil-cryogenic complex: Evidence of late Pleistocene-Holocene coevolution of permafrost and cryosols at the Kolyma Lowland // Permafrost and Periglac. Processes. 2023. P. 1–14. <https://doi.org/10.1002/ppp.2191>
6. Nesterova N., Tarasevich I., Leibman M., Khomutov A., Kizyakov A., Nitze I., Grosse G. High-resolution inventory and classification of retrogressive thaw slumps in West Siberia // Earth Sys. Sci. Data. 2025. <https://doi.org/10.5194/essd-2025-164>

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО И БРОНЗОВОГО ВЕКОВ ЦЕНТРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ НА ОСНОВЕ ПАЛЕОПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В статье рассматриваются палеопочвы под курганными насыпями в лесостепной и степной зонах Восточно-Европейской равнины, относящихся к бронзовому и раннему железному векам. На основе морфологического описания и измерения магнитной восприимчивости почв рассчитано четыре климатических индекса: индекс среднегодового количества осадков (MAP Cold13), индексы влажности (Cold13 и A72) и индекс Де Мартона. Результаты показали, что в бронзовом веке 4200 лет назад существовали наиболее засушливые условия, которые затем сменились более гумидными в период 3400–3800 лет назад. В раннем железном веке наблюдалось некоторое повышение гумидности, однако на рубеже нашей эры вновь произошла аридизация.

Ключевые слова: палеопочвы, магнитная восприимчивость, Восточно-Европейская равнина, палеогеографические реконструкции

Z.P. Golovkova¹, F.G. Kurbanova^{1,2}

¹National Research University «Higher School of Economics», Moscow, Russia

²Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
zpgolovkova@edu.hse.ru

RECONSTRUCTION OF NATURAL CONDITIONS OF THE EARLY IRON AND BRONZE AGES OF THE EAST EUROPEAN PLAIN CENTRE BASED ON PALEOPEDOLOGICAL INVESTIGATIONS

The article discusses the paleosols under the kurgan mounds in the forest-steppe and steppe zones of the East European plain, dating back to the Bronze and Early Iron Ages. Based on the morphological description and measurement of the magnetic susceptibility of soils, four climatic indices were calculated: the average annual precipitation index (MAP Cold13), humidity indices (Cold13 and A72) and the De Martonne index. The results showed that the most arid conditions existed in the Bronze Age 4200 years ago, which then gave way to more humid conditions in the period 3400–3800 years ago. In the early Iron Age, there was a slight increase in humidity, but at the turn of our era, aridization occurred again.

Keywords: paleosols, magnetic susceptibility, East European plain, paleogeographical reconstructions

Палеопочвы являются надежным носителем информации о палеоклимате и палеоэкологии [2]. Этот палеогеографический архив аккумулирует в себе запись о многочисленных параметрах природной среды, в том числе и в изменившихся ландшафтных условиях. Без изучения влияния климатических колебаний на почвы и ландшафты в прошлом невозможно предсказать долгосрочные последствия современных процессов в будущем. Количество атмосферных осадков – один из климатических параметров, по которым определяют природные условия прошлого. Для их реконструкции используют такой показатель свойств почв как магнитная восприимчивость. На основе данных магнитной восприимчивости погребенных почв мы реконструировали климатические характеристики центра Восточно-Европейской равнины в период бронзового и раннего железного веков.

Объектом исследования являются 9 палеопочв археологических памятников, погребенные под курганными насыпями, сосредоточенные в лесостепной и степной зонах

Восточно-Европейской равнины и относящиеся к периодам бронзового и раннего железного веков.

Основными методами реконструкции являлись определение генетического типа почв и морфологических признаков, а также измерение магнитной восприимчивости фоновой и погребенной почв. Важным с этой точки зрения отличием погребенных почв от фоновых является мощность гумусового слоя. У погребенных этот показатель несколько меньше, чем у фоновых – в среднем для объектов бронзового века разница составляет 24–26 см, раннего железного века – 9–12 см. (рис. 1–2). На основе укороченности гумусовых горизонтов [4] можно утверждать о более аридной обстановке во всех исследуемых объектах.

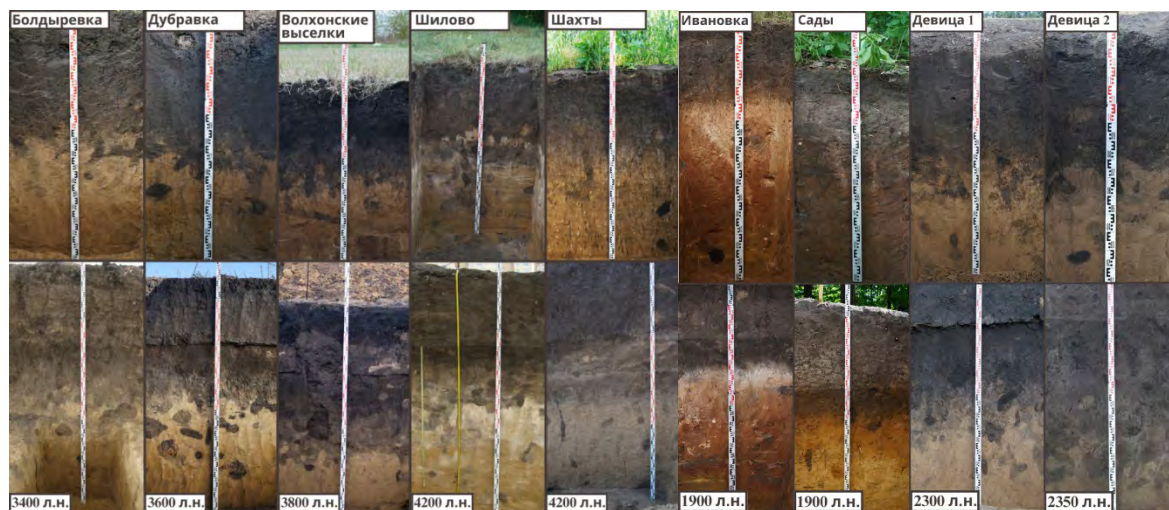


Рис. 1–2. Профиль погребенной (снизу) и фоновой (сверху) почв ключевых участков эпохи Бронзового (слева) и Раннего Железного Века (справа)

Магнитные свойства почвы используются для реконструкции таких климатических характеристик периода их формирования, как количество атмосферных осадков [5]. Свойства определяются через показатель магнитной восприимчивости – величину, характеризующую способность вещества намагничиваться. Необходимые для реконструкции индексы основываются на разнице максимального показателя магнитной восприимчивости гумусового горизонта и материнской породы – так называемом магнитном усилении. На основе этих данных были рассчитаны 4 индекса: индекс среднегодового количества осадков MAP Cold13, индексы влажности Cold13 и A72, индекс Де Мартона – индекс засушливости.

Современные показатели годового количества атмосферных осадков для лесостепной зоны в среднем находится в пределах 500–600 мм, для степной – 400–500 мм, для зоны полупустынь – 300–400 мм [3]. На основе сравнения показателей индексов среднегодового количества осадков погребенных и фоновых почв был сделан вывод о том, что в период бронзового века 4200 лет назад количество атмосферных осадков по имеющимся данным было на ~116 мм меньше, что составляет 75% от количества в настоящий момент (рисунок 3). Этот показатель в 300–350 мм соответствует современной зоне полупустынь. Период 3400–3800 лет назад характеризуется показателями осадков 370–470 мм, что на ~195 мм (30%) меньше современного количества. Это говорит о формировании погребенной почвы, расположенной в лесостепи, в условиях степных ландшафтов. Объекты раннего железного века условно можно разделить на два периода. Первый период с 2300 по 2350 лет назад включает в себя два разновозрастных профиля одного ключевого объекта «Девица». Несмотря на относительно небольшую разницу в возрасте и близкое расположение, показатели сильно расходятся. Величина магнитной восприимчивости погребенной почвы объекта «Девица 2» несколько выше значения фоновой, что отразилось на рассчитанном количестве атмосферных осадков. Показатель индекса объекта «Девица 1», описывающий количество осадков 2300 лет назад, равняется ~360 мм, что на ~194 мм (35%) меньше

современного значения. Ключевые участки «Ивановка» и «Сады», датированные возрастом 1900 лет назад, иллюстрируют разницу в показателе индекса, на которую влияют свойства самой почвы и микроклиматические характеристики местности: значения разности отличаются в два раза. В случае объекта «Ивановка» показатель осадков имеет значение 431 мм, что равно ~80% значения в настоящий момент. В другом он равняется 307 мм при 357 мм, полученных в ходе расчётов по данным фоновой почвы.

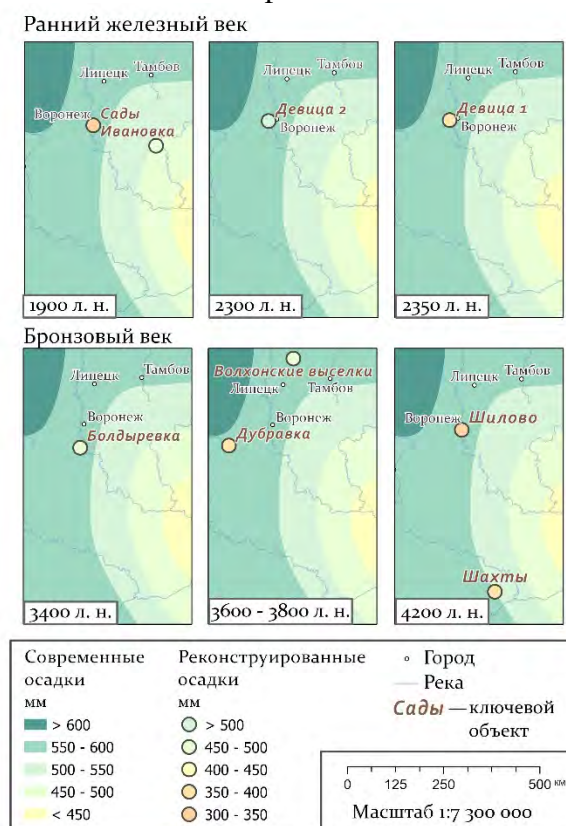


Рис. 3. Карта атмосферных осадков, реконструированных на основе данных магнитной восприимчивости погребенных почв периода бронзового и раннего железного века

Среднее значение индекса влажности MI Cold13 для объектов раннего железного века составляет 0,68, в то время как среднее значение для объектов бронзового века – 0,6. Была рассчитана средняя разница между индексом погребенной почвы и фоновой: для объектов периода раннего железного века она составила ~0,1, бронзового века – ~0,2. Индекс влажности в обоих исследуемых периодах имеет более низкое значение по сравнению с современным значением для лесостепной и, в случае с объектом «Шахты», степной зон. Также на примере этого индекса подтверждается предположение о более аридных условиях в эпоху бронзового века.

Индекс Де Мартонна служит для оценки засушливости климата: чем ниже его значение, тем более аридные условия установлены на исследуемой территории. Если для объектов бронзового века среднее значение индекса составляет 26, то для объектов раннего железного века оно равняется 29. При этом разница индекса засушливости между погребённой и фоновой почвами для двух рассматриваемых периодов различна: для бронзового века она больше и равна ~9, для раннего железного века она также больше и составляет ~4.

Все изученные погребенные почвы указывают на более засушливые природные условия в сравнении с фоновыми. На основе рассчитанных показателей выяснили, что 4200 лет назад в период бронзового века существовали наиболее аридные условия, которые постепенно сменялись более гумидными условиями в промежуток 3400–3800 лет назад. В раннем железном веке 2300–2350 лет назад гумидность климата несколько повышается,

однако на рубеже нашей эры вновь происходит аридизация. Согласно литературным данным, 4,8–4,0 тыс. лет назад в центре Восточно-Европейской равнины был период суббореального иссушения, сменившийся периодом увлажнения климата 4,0–3,4 тыс. лет назад [1]. После короткого периода уменьшения увлажнённости в промежуток 2,8–2,4 тыс. лет назад происходила гумидизация климата, перешедшая в эпоху сарматов 2,4–1,7 тыс. лет назад в этап иссушения климата [1], по мнению других авторов, этот период охватывал временные рамки с 2,5 тыс. лет назад по 1,7 тыс. лет назад [6].

Полученные в ходе аналитической части данные об аридизации и гумидизации климата в периоды бронзового и раннего железного веков стали источником для более детального описания палеоэкологических периодов этих эпох голоцена. Полученные выводы согласуются с морфологическими свойствами почв, а также с литературными данными.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-77-10054, <https://rscf.ru/project/24-77-10054/>

Список литературы

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
2. Алексеев А.О., Калинин П.И., Алексеева Т.В. Почвенные индикаторы параметров палеоэкологических условий на юге Восточно-Европейской равнины в четвертичное время // Почвоведение. 2019. № 4. С. 389–399
3. Поздняк Г.В., Полункина Н.Н., Смунова Н.В. Общая характеристика территории. Национальный атлас России. М.: Роскартография, 2004. Т. 1. 495 с.
4. Чендев Ю.Г., Петин А.Н., Березуцкий В.Д., Долгих А.В., Белеванцев В.Г., Дудин Д.И. Голоценовые сигналы гумидизации климата в профилях разновозрастных черноземов центра Восточной Европы // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. № 3. С. 100–109.
5. Alekseev A., Shary P., Malyshev V. Magnetic susceptibility of soils as an ambiguous climate proxy for paleoclimate reconstructions // Quaternary International. 2023. Vol. 661. P. 10–21.
6. Chendev, Yu., Aleksandrovskiy A., Khokhlova O., Dergacheva M., Petin A., Golotvin A., Sarapulkin V., Zemtsov G., Uvarin S. Evolution of forest pedogenesis in the south of the forest-steppe of the Central Russian Upland in the Late Holocene // Eurasian Soil Sci. 2017. Vol. 50. Iss. 1. P. 3–16.

А.А. Гольева, А.Э. Сверчкова
Институт географии РАН, г. Москва, Россия,
Golyevaaa@yandex.ru

СПЕЦИФИКА СИНХРОННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ИХ ОТРАЖЕНИЕ В ПОЧВАХ (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ ПОД КУРГАНАМИ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)

Проанализировано отражение климатогенных изменений в почвах юга России во второй половине голоцена. Рассмотрены изменения морфологических, химических и фитолитных показателей в почвах, погребенных под разновозрастными курганами Оренбургской области. Показано, что для перестройки профиля (морфологический облик, содержание и распределение органического и минерального углерода) требуется не менее 200-250 лет. В тоже время состав фитолитных комплексов верхних 0-3 см погребенных почв сохраняет и отражает информацию о более кратковременных климатических флуктуациях (порядка 10-30 лет), которые ещё не успели повлиять на перестройку профиля почвы в целом.

Ключевые слова: юг России, палеопочвы, временной интервал, динамика свойств

A.A. Golyeva, A.E. Sverchkova
Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
Golyevaaa@yandex.ru

SPECIFICITY OF THE SYNCHRONICITY OF CLIMATE CHANGES AND THEIR REFLECTION IN SOILS (USING THE EXAMPLE OF SOILS UNDER BURIAL MOUNDS IN THE ORENBURG REGION)

The reflection of climatogenic changes in the soils of the south of Russia in the second half of the Holocene are analyzes. Changes in morphological, chemical and phytolytic indicators in soils buried under different -aged mounds of the Orenburg region are considered. It is shown that the main soil properties (morphological appearance of the profile, the content and distribution of organic and mineral carbon) - the profile restructures requires at least 200-250 years. At the same time, the composition of the phytolith complexes save and reflect information about more short-term climatic fluctuations (about 10-30 years), which have not yet managed to restructure the soil profile as a whole.

Keywords: southern Russia, palaeosols, temporary interval, properties dynamic

Почва, как открытая природная система, реагирует на любые изменения факторов почвообразования, например, климата. При погребении, в почвах сохраняются те морфохимические данные, которые сформировали почвенный профиль под воздействием климата того времени. Соответственно, изучение свойств погребенных почв делает возможным реконструировать природно-климатическую обстановку того или иного времени. Это положение лежит в основе работ ученых, занимающихся археологическим почвоведением, изучающим палеопочвы, погребенные под разновозрастными курганами [1-3; 4; 5; 11; 12; 14].

В связи с этим, учитывая определенную консервативность и устойчивость почвенных профилей, возникает ряд вопросов – какие показатели почвенных свойств являются информативными, каков примерный временной «шаг» необходим, чтобы изменения в почвенном профиле стали четко выраженными. Таким образом, цель работы – определить, насколько синхронны изменения климата и климатогенные изменения почв, перекрытые курганными насыпями.

Для достижения этой цели были проанализированы результаты, полученные при работе на археологическом памятнике Шумаевские Курганы (Оренбургская область) [10]. Выбор объекта не случаен, поскольку были вскрыты почвы, погребенные в разные

временные интервалы, например, эпоху ранней бронзы (примерно 4,3 тыс. л.н.) и средневековья (XIII-XIV вв.), то есть почвы, расположенные рядом, но «запечатанные» в разное время и сохранившие свойства разных климатических периодов.

Курганный комплекс Шумаево (Оренбургская область) был расположен на полого-волнистых площадках первой надпойменной террасы левого берега р. Иртек. Почвообразующие породы – супесчано-песчаные аллювиальные отложения [13].

Изучено 11 палеопочв. погребенных в периоды эпохи бронзы и раннего средневековья.

Самые ранние из курганов были созданы примерно 4,2-4,3 тыс. л.н. представителями ямной культуры. По данным палинологов [7; 8] этот период 5-4 тыс. л.н. определяется как чередование аридных и гумидных периодов. В работе почвоведов [5] этот же хроносрез характеризуется как длительный аридный даже экстрааридный. О.С. Хохловой показано, что климат был не однородный, выявлена смена климатических параметров от аридных к гумидным [10; 12]. Средневековые курганы были созданы в XIII-XIV вв., то есть в начале позднесубатлантического увлажнения или «малого ледникового периода» [6; 9].

Таким образом, итоговый изученный хроноряд палеопочв охватывает ряд основных глобальных климатических флуктуаций второй половины голоцена.

Основное внимание в процессе анализа опубликованных данных обращалось на информативность/неинформативность полученных результатов для реконструкций климата и его динамики во времени. Все хронологические параметры принадлежности палеопочв к тому или иному временному периоду взяты из коллективной монографии [10].

Погребенные почвы эпохи бронзы. На основе морфологии почвенных профилей (изменения мощности, характера нижней границы гумусового горизонта) все изученные 9 профилей почв под курганами эпохи бронзы были разделены на три группы [12]. В первой отмечалась чёткая языковатая граница, которая постепенно становилась менее явной в почвах второй и третьей групп. А мощность гумусового горизонта, наоборот, возрастала. Менялась глубина вскипания, прослеживались изменения распределения карбонатов. В почве третьей группы содержание органического углерода было существенно выше по сравнению с почвами других групп. А распределение и содержание углерода карбонатов и обменного натрия имело противоположный тренд – максимальное в первой группе и минимальное в третьей. Распределение гипса не имело какой-либо четко выраженной приуроченности.

Микробиоморфный анализ самых верхних горизонтов у наиболее репрезентативных палеопочв из каждой группы был проведен в трех повторностях, чтобы исключить влияние случайного фактора. Почвы первой группы непосредственно перед погребением длительное время развивались под пологом сухо-степной, даже полупустынной растительности. Для почв второй группы реконструирована смена растительного покрова от лугово-степной к аридной ксероморфной флоре непосредственно перед созданием кургана. А самая молодая из палеопочв эпохи бронзы формировалась под пологом хорошо выраженной сухо-степной растительности, хотя ранее здесь была степь без признаков аридизации.

Погребенные почвы раннего средневековья. Наиболее ранняя почва этого временного интервала (конец XIII- начало XIV вв.) отличалась от более поздней (вторая половина XIV в) наличием языковатости, карбонатных пятен пропитки в горизонте B1ca, более высокой границей вскипания. В более поздней почве было больше органического углерода и меньше минерального.

Динамика климата в ранней бронзе и изменения почв. Согласно данным О.С. Хохловой [10; 11], начальные этапы обживания территории представителями ямной культуры были в аридных условиях. Ею фиксируется постепенная гумидизация климата и последняя (третья) группа курганов насыпалась на почвы, отражающие гумидные условия. Результаты радиоуглеродного датирования позволили определить временные интервалы между группами палеопочв. Он составил порядка 200-250 лет от 4,3 тыс. л.н. (первая группа

почв) до 3,7 тыс. л.н. (третья группа почв). Почвы второй группы были перекрыты курганными насыпями примерно 4,1-4,0 тыс. л.н. [10].

Результаты фитолитного анализа верхних 0-3 см погребенных почв всех трех выделенных групп не всегда коррелирует с другими данными. Так в почве третьего, наиболее гумидного периода фитолитный комплекс представлен сухо-степными растительными формациями, заместившими типичные степные с элементами лугово-степных. То есть фиксируется смена растительного покрова от лугово-степного к сухо-степному непосредственно перед созданием погребения. Поскольку ксерофитные морфотипы фитолитов встречены лишь в самом верхнем из изученных слоев (0-2 см), можно говорить, что диагностируемые процессы аридизации только начались.

Очевидно, что в данном случае мы имеем дело с несколько иным реагированием на динамику климата. Вероятно, этим анализом фиксируются не только глобальные многовековые, но более быстрые колебания климата. Скорее всего, период создания самых последних курганов совпал с началом новой глобальной аридизации. Растительный покров, а, следовательно, и фитолитные комплексы изменились, в то время как почвенный профиль в целом ещё не успел перестроиться.

Динамика климата в раннем средневековье и погребенные почвы. Археологически время создания погребений было определено достаточно точно. Все курганы были созданы в условиях повышенного увлажнения начала «малого ледникового периода», но с небольшим интервалом (максимум 100-130 лет). При этом почвы существенно отличались друг от друга. В наиболее древней почве присутствовали аридные признаки, в то время в почве, перекрытой насыпью спустя не более 130 лет ничего подобного не было. Последовательность создания курганов объясняет кажущееся противоречие между свойствами почв. Первый курган был создан на начальных этапах глобальных климатических изменений и, естественно, почвенный профиль ещё не успел кардинально измениться. А почва под последним курганом функционировала под влиянием нового климата достаточно длительное время, профиль перестроился, изменились его основные свойства.



Рис. 1. Примерный временной интервал, необходимый для перестройки почвенных параметров при изменении климата

Таким образом, погребенные почвы достоверно отражают климатогенные изменения, но надо обязательно учитывать:

- не одинаковую хронологическую сенсорность почвенных свойств. Наименее восприимчива к изменению климата динамика содержания гипса, наиболее – микробиоморфный комплекс верхней части профиля. Остальные параметры (морфология профиля, как и содержание органического и минерального углерода) носят промежуточный характер;

– консервативность почвенного профиля выражается в «запаздывании» трансформации профиля и его основных свойств по сравнению с динамикой климата (рис. 1);

– изменения облика профиля и его основных свойств четко фиксируются «шагом» примерно 200-250 лет, то есть отражается лишь долговременная глобальная динамика климата;

– микробиоморфный профиль верхней части почвы позволяет определять кратковременные колебания климата (в пределах 10-30 лет), имевшие место непосредственно перед погребением почвы, которые ещё не успели отразиться в профиле почвы в целом.

Исследования выполнены при поддержке гранта Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Александровский А.Л., Белинский А.Б., Калмыков А.А., Корневский С.Н., Ван дер Плихт Й. Погребенные почвы Большого Ипатовского кургана и их значение для реконструкции палеоклимата // Материалы по изучению историко-культурного наследия Северного Кавказа. М.: Издательство "Памятники исторической мысли", 2001. Вып. 2.
2. Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А. Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы, IV – II тысячелетие до н.э. М.: Наука, 2006.
3. Борисов А.В., Мимоход Р.А., Демкин В.А. Палеопочвы и природные условия южнорусских степей в посткатакомбное время // Краткие сообщения Института археологии. 2011. № 225.
4. Демкин В.А., Ельцов М.В., Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Демкина Т.С., Борисов А.В. Развитие почв Нижнего Поволжья за историческое время // Почвоведение. 2004. № 12.
5. Иванов И.В., Луковская Т.С. Динамика природных условий, почвообразование и взаимодействие природы и общества в степях Евразии, некоторые вопросы палеогеографии голоцена // Экология и почвы. Избранные лекции I-VII Всероссийских школ. Пущино, 1998.
6. Климанов В.А. Климат Северной Евразии в позднеледниково́е и голоцене (по палинологическим данным). Автореф. дис. ...докт. геогр. Наук, М. 1996.
7. Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Результаты палеогеоморфологических исследований на стоянках неолита-энеолита в бассейне р. Самары. 1995.
8. Левковская Г.М., Заключение по результатам споропыльцевого анализа образцов из стоянок Ивановского микрорайона на реке Ток в Красногвардейском районе Оренбургской области. 1995.
9. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л. 1979.
10. Моргунова Н.Л., Гольева А.А., Краева Л.А., Мещеряков Д.В., Турецкий М.А., Халяпин М.В., Хохлова О.С. Шумаевские курганы. Оренбург, 2003.
11. Ташнинова Л.Н., Цуцкин Е.В., Гольева А.А., Богун А.П., Чичагова О.А. Почвы, погребенные под разновозрастными курганами на Черных землях Калмыкии // Почвоведение. 2005. № 2.
12. Хохлова О.С., Хохлов А.А. Пространственная изменчивость свойств современных и погребенных голоценовых темно-каштановых почв Южного Приуралья // Почвоведение. 2002. № 3.
13. Чибилев А.А. Географический атлас Оренбургской области. 1999.
14. Rusakov A., Sorokin P., Golyeva A., Savelieva L., Rusakova E., Safronov S. Soils of a medieval burial mound as a paleo-environmental archive (Leningrad region, Northwest Russia) // Bulletin of the Geological Society of Finland. 2018. Vol. 90. P. 315–325. <https://doi.org/10.17741/bgsf/90.2.013>

А.А. Гольева¹, А.В. Лудикова², А.В. Панин¹¹Институт географии РАН, г. Москва, Россия²Институт озерадения РАН – СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, РоссияGolyevaaa@yandex.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПРИАРАЛЯ (УРОЧИЩЕ БОЗКЁЛЬ, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

В сухой ложбине восточной части бывшего побережья Аральского моря на высоте +57 м абс. была пробурена скважина глубиной 250 см. Диатомовый анализ показал, что ложбина никогда не заливалась морскими водами и вплоть до ~1.6 тыс. лет назад, развивалась полностью в субаэральном режиме. Большое количество керамики и обломков костей позволили выделить два культурных слоя возрастом примерно 2.1 и 3.4 тыс. л. н. Эти слои так же обогащены фитолитами, морфотипы которых характерны для лугово-степных злаков, но присутствуют формы, типичные для лесных, включая хвойные, растений и культурных злаков. Начиная с V в н.э. ложбина стала периодически заливаться водами р. Сырдарья, вероятно, в связи с гидрографическими перестройками системы ее дельтовых рукавов

Ключевые слова: Аральское море, Сырдарья, культурные слои, фитолиты, диатомовые водоросли

Golyeva A.A.¹, Ludikova A.V.², Panin A.V.¹¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia²Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences, SPC RAS, St. Petersburg, RussiaGolyevaaa@yandex.ru

RECONSTRUCTION OF THE DYNAMICS OF PALEOECOLOGICAL CONDITIONS IN THE NORTHEASTERN ARAL SEA REGION (BOZKÖL DEPRESSION, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN)

A 250 cm deep borehole was drilled at elevation +57 m a.s.l. on the bottom of the dry hollow near the eastern shore of the former Aral Sea. Diatom analysis showed that the hollow was never inundated by the sea waters and till ~1.6 ka BP developed in subaerial conditions. A large amount of ceramic and bone materials made it possible to identify two cultural layers dated to about 2.1 and 3.4 ka BP. These layers were also distinguished by a large number of phytoliths by forms characteristic of meadow-steppe vegetation, but there are also forest forms, including conifers, as well as phytoliths of cultivated cereals. Since the V c. AD, the area began to be flooded by the Syr Darya River in relation to dynamics of its delta branches.

Keywords: Aral sea, Ayr Darya River, cultural layers, phytoliths, diatoms

Ныне сухая ложбина Бозкёль в северо-восточном Приаралье на некоторых картах середины XX в показана занятой заливом Аральского моря, при том, что отметка ее дна (+57 м) несколько выше уровня Арала того времени (+53 м). При этом нельзя исключать, что залив мог формироваться и ранее, что важно для понимания условий освоения региона, например, в раннем Средневековье [5]. Для реконструкции условий формирования ложбины на ее дне была заложена скважина и проведены комплексные исследования заполняющих отложений [4]. Комплексное использование кремнистых микрофоссилий (створок диатомовых водорослей, спикул губок, фитолитов) имеет важное значение для идентификации субаэральных и субаквальных обстановок прошлого [3]

Выполненные анализы выявили в ряде в отдельных горизонтах значительные количества фитоцитов, створок диатомей, спикул губок (рисунок). В связи с этим с целью получения новых данных и корректировки имеющихся был проведен микробиоморфный анализ, описанный в работе [1]. Подготовленные препараты анализировали под оптическим микроскопом Olympus BX51 TL RL при увеличении 400×. Проводился качественный и количественный учет встреченных микробиоморф. Ввиду того, что детальный диатомовый анализ был сделан ранее [4], эти частицы представлены общим количеством для сравнения с другими кремнистыми микрофоссилиями.

Морфологическое описание и обозначения фитоцитов основывались на Международном своде номенклатуры фитоцитов (ICPN) 2.0 [6], а их биоценоотические характеристики определялись согласно [1]. Корреляция между морфотипами фитоцитов и их биоценоотической характеристикой опубликована [2]. Для более точной морфологической характеристики, все исследуемые образцы рассматривались при помощи электронного сканирующего микроскопа JEOL 6610LV (JEOL, Япония) в Центре коллективного использования “Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии” ИГ РАН.

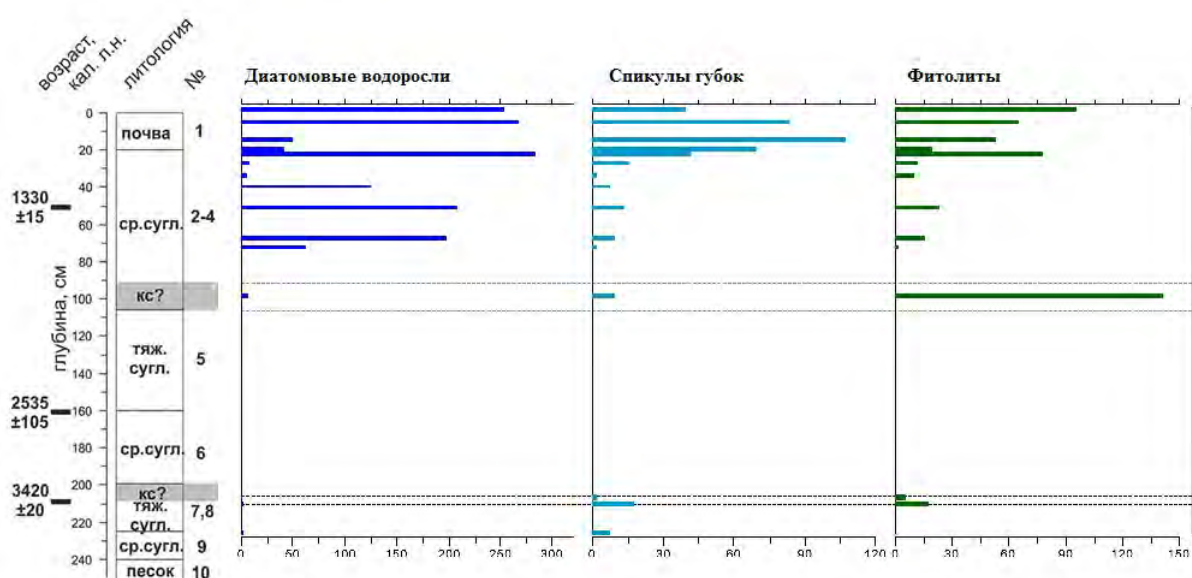


Рис. 1. Скважина ложбины урочища Бозкёль. Распределение кремнистых микрофоссилий по глубине. На вертикальной колонке показана глубина в см, на графиках – содержание частиц в единицах на стандартный объем. Линиями выделены участки с культурным слоем

Хорошая сохранность спикул губок и створок диатомовых водорослей в верхней части колонки свидетельствует о существовании водных обстановок. В субаэральных условиях данные частицы быстро разрушаются и в образцах начинают доминировать их обломки. В зависимости от степени гидроморфизма меняется не только качественный, но и количественный состав микробиоморфных фракций. В водных условиях количество (концентрация) диатомовых водорослей и спикул губок превышает количество фитоцитов. В иных условиях фитоцитов всегда больше, поскольку они формируются преимущественно в растениях сухих мест обитания. Исключением являются тростник и камыш (прибрежные крупные травы), но их фитоциты хорошо диагностируются и всегда учитываются при анализе полученных данных.

С начала формирования разреза (около 3.5 тыс.л.н.) и до IV-V в н.э., по данным диатомового анализа существовали условия, неблагоприятные для аккумуляции кремнистых микрофоссилий. Присутствие фитоцитов культурных злаков, а, особенно, кутикулярных слепков культурных растений и тростника, делает возможным говорить о наличии минимум

двух культурных слоев – периодов жизни населения (согласно построенной возрастной модели, приблизительно 1.3-1.4 тыс.л. до н.э. и около II в до н.э.). Кутикулярные слепки растений – это тонкие и очень хрупкие кремниевые отпечатки эпидермального слоя растения. При любых видах миграции они дробятся, ломаются и не фиксируются при анализе, следовательно, их наличие в образце является доказательством разложения растения *in situ*.

В обоих случаях в образцах из культурных слоев встречены фитолиты культурных злаков, то есть жители занимались земледелием, выращивали зерновые культуры.

Таким образом, проведенные исследования позволили уточнить динамику функционирования и развития исследованного участка. Так, ранее территория формировалась в условиях, неблагоприятных для аккумуляции кремнистых микрофоссилий, а совсем недавно здесь были протоки слабосолоноватых вод.

Фиксируются два этапа жизни людей, формирования культурных слоев. Люди занимались рыбной ловлей (чешуя рыб в образцах), пастбищным животноводством, сельским хозяйством.

Начиная с IV-V вв н.э. в осадках появляется значимое количество кремнистых микрофоссилий, свидетельствующих о мелководных, обстановках. В составе диатомовых комплексов преобладают бентосные пресноводные и слабосолоноватоводные диатомеи. В заметных количествах отмечена также планктонная *Aulacoseira italica* – компонент озерного и речного фитопланктона. По-видимому, формирование осадков в значительной степени происходит под влиянием вод р. Сырдарьи [4], возможно, в связи с гидрографическими перестройками системы ее дельтовых рукавов.

Итак, дополнительные исследования позволили независимо подтвердить вывод о том, что в последние 3500 л. ложбина Бозкёль испытала изменения гидрологического режима, позволяющие выделить три периода развития, ни один из которых не связан с затоплением водами Арала:

1) ~3500 – ~1600 лет назад: субэральная обстановка, обживание дна ложбины человеком с формированием минимум двух разновременных культурных слоев.

2) ~1600 л.н. – настоящее время: периодическое затопление водами р. Сырдарьи с формированием временных мелководных водоемов.

3) Современный период (последние столетия) – возобновление субэральной обстановки, автоморфные условия с формированием почвы.

Фитолитный анализ выполнен в рамках темы Государственного задания ИГ РАН № FMWS-2024-0010. Радиоуглеродный анализ выполнен в рамках проекта РНФ 22-17-00259п. Диатомовый анализ выполнен в рамках темы Госзадания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН FFZF-2024-0002.

Список литературы

1. Гольева А.А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 238 с.
2. Гольева А.А., Хохлова О.С. Палеоэкологические условия периода миграции ранних гоминид в северной Армении по данным фитолитного анализа // Известия АН сер. Географическая. 2025. № 3.
3. Лудикова А.В. Использование кремнистых микрофоссилий для реконструкции изменений условий среды в южном Приладожье в связи с ладожской трансгрессией // Фундаментальные проблемы геологии квартера Севера и Северо-Запада России в 21 веке: тезисы научной конференции "Перибалтик-2025". СПб, "Лема", 2025. С. 34–35.
4. Панин А.В., Сапелко Т.В., Лудикова А.В., Бронникова М.А., Карпова Ю.О., Успенская О.Н. Новые данные о динамике природной среды северо-восточного Приаралья в позднем голоцене // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции "Лимнология в

России", посвященной 80-летию Института озероведения Российской академии наук. Санкт Петербург, 12–14 февраля 2024 г. СПб.: РАН, 2024. С.134-135. <https://doi.org/10.12731/978-5-907645-54-7>

5. *Härke H., Arzhantseva A.* Interfaces and Crossroads, Contexts and Communications: Early Medieval Towns in the Syr-Darya Delta (Kazakhstan) // *Journal of Urban Archaeology*. 2021. Vol. 3. P. 51–63. <https://doi.org/10.1484/J.JUA.5.123675>

6. *Neumann K., Strömberg C., Ball T., Albert R., Vrydaghs L., Cummings L.*, International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0 // *Annals of Botany*. 2019. Vol. 124. P. 189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЖАРНЫЙ РЕЖИМ ГОЛОЦЕНА В НИЗКОГОРЬЕ ВОСТОЧНОГО САЯНА (ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ БОЛОТА БОЛЬШОЙ ИНЖУЛ)

В статье приводятся результаты палеоэкологической реконструкции для низкогорья западной части Восточного Саяна за последние 9 тыс. календарных лет, полученные на основе AMS-датирования, спорово-пыльцевого, ботанического анализа и анализа макрочастиц угля торфяных отложений в верховье р. Большой Инжул (правобережье р. Енисей, территория национального парка «Красноярские Столбы»). Процесс торфонакопления датирован началом неогляциала (5.4-4.7 тыс. кал. л. н.), когда в междуречье истоков р. Большой Инжул начал заболачиваться смешанный пихтово-еловый с кедром и сосной хвощово-зеленомошный лес. Длительное время развивалось лесное болото, начиная с 3.0-2.4 тыс. кал. л. н. значение речных вод в питании болота ослабевает, лесная стадия развития сменяется лесо-топяной, а затем топяной стадией с господствующим положением сфагнового мха. Интервалы усиления пожарной активности связаны с глобальными климатическими изменениями: термический оптимум голоцена (8.2-5.7 тыс. кал.л. н.), суббореальный максимум (4.4-3.5 тыс. кал. л. н.) и последние 600 лет, отличающиеся нарастанием континентальности климата, содержание частиц макроугля в отложениях болота Большой Инжул весьма низкое, концентрация не превышает – 18 частиц/см³.

Ключевые слова: болотные отложения, палеоботаника, макроскопические частицы угля, голоцен, бассейн р. Енисей

A.V. Grenaderova, D.A. Kuznetsova, G.E. Ponomarev
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
grenaderova-anna@mail.ru

VEGETATION DYNAMICS AND HOLOCENE FIRE REGIME IN THE EASTERN SAYAN LOW-MOUNTAIN RELIEF (ACCORDING TO PALEOECOLOGICAL RESEARCHES OF BOLSHOYE INZHUL PEAT BOG)

This study presents the results of a paleobotanical investigation of peat deposits from the low-mountain region of the north-western macroslope of the Eastern Sayan for the last 9 thousand calendar years, obtained on the basis of AMS dating, spore-pollen, botanical analysis and analysis of charcoal of peat deposits in the upper reaches of the Bolshoy Inzhul River (right bank of the Yenisei River, territory of the Krasnoyarsk Stolby National Park). The peat accumulation process was initiated during the early neoglacial period (5.4-4.7 cal. yr BP), when a mixed fir-spruce forest with Siberian pine, Scots pine and a horsetail-green moss understory began transitioning to paludification in the interfluvium of the Bolshoy Inzhul River headwaters. A forested mire (sogra) persisted for an extended period. Starting from 3.0-2.4 cal. yr BP, the influence of fluvial waters on mire hydrology diminished, leading to a succession from forested to transitional forest-mire and eventually to a raised mire stage dominated by Sphagnum mosses. Over the past 70 years, the mire vegetation has been characterized by a waterlogged spruce forest with a ground layer of cowberry, cranberry and Sphagnum moss. Periods of enhanced fire activity were identified and correlated with global climatic shifts: the Holocene Thermal Maximum (8.2–5.7 cal. yr BP), the Mid-Subboreal climatic optimum (4.4–3.5 cal. yr BP), and the most recent 600 years, marked by increasing climatic continentality. The results reveal exceptionally low macrocharcoal concentrations in the Bolshoy Inzhul mire deposits (up to 18 particles/cm³).

Keywords: peat deposits, paleobotany, charcoal, Holocene, Yenisei River basin

Палеоэкологические исследования представляют большой интерес для понимания современных изменений природной среды, что особенно актуально для внутриконтинентальных районов с максимальным темпом потепления [4]. Цель настоящего исследования: оценка динамики растительности и пожаров в голоцене в низкогорье западной части Восточного Саяна на основе комплексного палеоэкологического анализа болотных отложений в верховье р. Большой Инжул.

Изучены болотные отложения в верховье р. Большой Инжул на территории национального парка «Красноярские Столбы», которая ограничивается координатами: 55°38' – 55°58' с.ш. и 92°20' – 93°20' в.д. и находится на западной оконечности главного водораздельного хребта Восточного Саяна. Водосборный бассейн р. Большой Инжул, согласно ландшафтно-лесотипологической структуре [7], расположен в низкогорной подтайге с развитым комплексом долинных лиственнично-пихтово-еловых лесов. Площадь болота составляет 9592 м², современная растительность представлена ельником заболоченным бруснично-клюквенно-сфагновым с участием осок, хвощей (5ЕЗБ1Л1С+К).

На болоте отобрано две колонки: 1) «Большой Инжул-1» общей мощностью 2.13 м (где 1.33 м – торф, ниже суглинок), абсолютная отметка высоты – 384 м; 2) «Большой Инжул-2» мощностью 1.78 м (из них торф – 1.13 м, ниже суглинок) отобрана ближе к урезу реки, абсолютная отметка – 383 м. Верхняя часть отложений (0.9 м) взята монолитом при шурфовке, нижняя с использованием пробоотборника фирмы Eijkelkamp. Интервал отбора образцов для комплексного палеоэкологического анализа – 1 см, проанализирован каждый третий образец, 72 и 60 проб соответственно из первого и второго разреза. Пробы торфа и органоминеральных отложений изучены комплексом методов: палеоантракологический анализ [10], ботанический анализ торфа [6]; спорово-пыльцевой анализ [3,16], выполнено определение зольности торфа [2]; гранулометрический состав минеральных отложений из подошвы разреза определялся в соответствии с методом Н. А. Качинского [5]. Радиоуглеродный анализ методом AMS проведен в Лаборатории изотопных исследований ЦКП «Геохронология кайнозоя» Института археологии и этнографии СО РАН и ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия» НГУ-ННЦ; и жидкостно-сцинтилляционным методом с помощью спектрометра-радиометра Quantulus в ТомЦКП ИМКЭС СО РАН. Калибровка радиоуглеродных дат и построение глубинно-возрастной модели выполнена по калибровочной кривой IntCal20 в пакете «Bchron» среды R. [17].

Содержание частиц макроугля в отложениях болота Большой Инжул невысокое, максимальная концентрация – 18 частиц/см³. Выявленное количество угольков в каждом временном интервале и полученный с помощью глубинно-возрастной модели калиброванный интерполированный возраст были проанализированы алгоритмом, предложенным Higuera [13] в пакете "taras" среды R [12]. В разрезе «Большой Инжул-1» пожарные эпизоды, которые отражают первичное отложение угля от пожара и/или серии пожаров [11, 13] пришлось на следующие даты: 7.8, 7.6, 7.1, 6.8, 6.2, 6.0, 5.8, 4.9, 3.7, 3.6, 3.5, 2.2 тыс. кал. л. н., скорость аккумуляции в среднем составляет 0.5 частиц/см² в год. Последние 800 лет включают 6 пожарных пиков, максимальная скорость аккумуляции частиц угля (3 частиц/см² в год) выпадает на данный интервал. В разрезе «Большой Инжул-2» выделено 11 локальных пожарных эпизодов: 9.7, 8.9, 7.8, 6.6, 6.2, 4.4, 4.0, 3.7 тыс. кал. л. н. и примерно 600, 500 и 100 лет назад, т. е. в это время распространение пожаров было максимально близким к точке исследования. Пожарные эпизоды в интервале 4.4-3.7 тыс. кал. л. н. отличаются наибольшей скоростью аккумуляции частиц макроугля для данной колонки – 0.3 частиц/см² в год. На последние 600 лет выпало три пожарных события, со скоростью аккумуляции частиц макроугля около 0.25 частиц/см² в год, с небольшим межпожарным интервалом.

В результате проведенного комплексного анализа установлено, что около 9.8-7.7 тыс. кал. л. н. в верховье реки Большой Инжул на месте современного болота была развита пойменная фация. В долине реки произрастал смешанный пихтово-еловый с кедром (*Pinus sibirica*) и сосной хвощово-зеленомошный лес. Начиная с 7.7-7.5 тыс. кал. л. н. происходит накопление оторфованного суглинка, предполагаем, что смена седиментации и усиление

пожарной активности (пожарные эпизоды около 7.7-7.4 тыс. кал. л. н., 7.2-6.8 тыс. кал. л. н., 6.1-5.8 тыс. кал. л.) стали следствием термического максимума голоцена.

Начало процесса торфонакопления пришлось на начало неогляциала. На присклоновом участке возраст нижнего торфяного слоя составил – 5.4 тыс. кал. л. н., а ближе к урезу – 4.7 тыс. кал. л. н. Длительное время в верховье реки Большой Инжул развивалось лесное болото, в составе древесного яруса доминировала сосна, встречались ель, сосна сибирская, береза, в небольшом количестве присутствовала лиственница. В напочвенном покрове встречались *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris*, *Equisetum fluviatile*, *Comarum palustre*, *Carex caespitosa*, *C. appropinquata*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum palustre*. Значимую роль в водно-минеральном питании болота имели полые речные воды. Зольность торфа ближе к реке варьирует от 30 до 44%, на удалении от уреза составляет 15-17%.

В период от 4.4 до 3.6 тыс. кал. л. н. на болоте произрастала пихта (в волокне торфа содержание макроостатков достигает 10-25%) – порода требовательная к теплу, влажности и дренированности почв [8]. На интервал 4.4-4.2 и 3.9-3.5 тыс. кал. л. н. пришлось увеличение скорости аккумуляции частиц угля. Торф отличается повышенной степенью разложения. В целом, данный временной интервал можно соотнести с суббореальным термическим максимумом (с 4.2 по 3.2 тыс. ^{14}C л. н.) [9] или Этапом резких климатических изменений 4.2–3.8 тыс. кал. л. н. (3.6–3.5 тыс. ^{14}C л. н.) [1; 14; 15].

Начиная примерно с 3000 кал. л. н. на болоте постепенно снижается облесенность, в живом напочвенном покрове большее развитие получают сфагновые мхи. Вероятно, по мере нарастания торфяной тощи, произошло снижение водно-минерального питания, болото вышло из под влияния речных вод, зольность торфа снизилась.

Около 2.2-2.1 тыс. кал. л. н. в отложениях присклонового разреза зафиксирован пожарный эпизод с небольшой скоростью аккумуляции угля (не более 0.3 частиц/см² в год), на участке около русла количество частиц угля не привысило пороговое значение (менее 0.1 частиц/см² в год). Около 1.6 тыс. кал. л. н. болото Большой Инжул перешло на топяную стадию развития, господствующее положение заняли сфагновые мхи (*Sph.warnstorffii*, *Sph. capillifolium*, *Sph. fuscum* и др.). Усиление участия зеленого мха (*Pleurozium schreberi*, *Aulacomnium palustre*, *Tomentypnum nitens*) в составе напочвенного покрова наблюдается последние примерно 200 лет. Относительно недавно (возраст ели 80 лет) на болоте начал развиваться ельник бруснично-клюквенно-сфагновый.

Последние 600 лет характеризуются усилением пожарной активности, отмечено несколько пожарных эпизодов, однако скорость аккумуляции частиц угля в основном не превышает 1 частиц/см² в год. Низкая концентрация частиц угля в отложениях болота Большой Инжул может быть обусловлена более высокой влажностью в северо-западной части Восточного Саяна открытой в сторону влажных воздушных потоков западного переноса, что препятствует распространению пожаров.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00341, <https://rscf.ru/project/23-27-00341/>

Список литературы

1. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Известия РАН. Серия географическая. 2014. № 2. С. 5–20.
2. ГОСТ 11306-2013. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности. М.: Стандартинформ. 6 с.
3. Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз. 1948. 224 с.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. М.: Росгидромет. 2022. 104 с.

5. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы и методы его изучения. Москва, АН СССР, 1958. 192 с.
6. Куликова Г.Г. Краткое пособие к ботаническому анализу торфа. Москва, Издательство Московского университета, 1974. 94 с.
7. Назимова Д.И., Первунин В.А., Тропина Е.Ф., Ерунова М.Г. Ландшафтно-лесотипологическая структура заповедника. Труды заповедника «Столбы». 2010. С. 16-39.
8. Поликарпов Н.П. Комплексные исследования в горных лесах Западного Саяна // Вопросы лесоведения. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1970. С. 26–79.
9. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии: опыт трансконтинентальной корреляции этапов развития растительности и климата. М.: Наука. 1977. 197 с.
10. Clark J. Particle Motion and the Theory of Charcoal Analysis: Source Area, Transport, Deposition, and Sampling // Quaternary Research. 1988. Vol. 30. P. 67–80.
11. Clark J., Lynch J., Stocks B., Goldammer J. Relationships between charcoal particles in air and sediments in west-central Siberia // The Holocene. 1998. Vol. 8(1). P. 19–29. <https://doi.org/10.1191/095968398672501165>
12. Finsinger W., Bonnici I. Tapas: an R package to perform trend and peaks analysis. 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6344463>
13. Higuera P. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment charcoal analysis: user's guide. USA: Montana State University, 2009. 27 p.
14. Ingolfsson O., Hjort C., Berkman P., Björck S., Colhoun E., Goodwin I., Hall B., Hirakawa B., Melles M., Möller P. Antarctic glacial history since the last glacial maximum: an overview of the record on land // Antarctic Science. 1998. Vol. 10(03). P. 326-344. <https://doi.org/10.1017/S095410209800039X>
15. MacDonald G., Velichko A., Kremenetski C., Borisova O., Goleva A., Andreev A., Cwynar L., Riding R., Edwards T., Aravena R., Hammarlund D., Szeicz J., Gattaulin, V. Holocene treeline history and climate change across Northern Eurasia // Quaternary Research. 2000. Vol. 53. P. 302–311.
16. Moore P., Webb J., Collinson M. Pollen analysis. Oxford: Blackwell scientific publication, 1991. 216 p.
17. Reimer P., Austin W., Bard E. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62(4). P. 725–757.

СОСТОЯНИЕ ПАСТИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕРЕВЫПАСА

В статье рассматривается состояние пастбищных экосистем дельты Волги под воздействием перевыпаса домашних и диких животных, которое приводит к перераспределению экологических групп и жизненных форм растений, уменьшению проективного покрытия, высоты травостоя, запасов фитомассы, сбитости, и как следствию – опустыниванию территории.

Ключевые слова: перевыпас, пастбищные экосистемы, опустынивание, дельта Волги

T.V. Dymova

V.N. Tatishchev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia
tdimova60@mail.ru

STATE OF PASTURE ECOSYSTEMS OF THE VOLGA DELTA UNDER THE IMPACT OF OVERGRAZING

The article examines the state of the pasture ecosystems of the Volga Delta under the influence of overgrazing by domestic and wild animals, which leads to the redistribution of ecological groups and plant life forms, a decrease in the projective cover, the height of the grass stand, the reserves of phytomass, and, as a result, the desertification of the territory.

Keywords: overgrazing, pasture ecosystems, desertification, Volga Delta

Астраханская область, включая и дельту Волги, располагается в природной зоне пустынь и полупустынь. По своему географическому положению и климатическим особенностям регион относится к аридным территориям. Для региона характерны процессы опустынивания, которые начались еще в XX веке, чему отчасти способствовало понижение уровня Каспийского моря.

Площадь территории Астраханской области составляет 5292,4 тыс. га, из них 68,6% земли сельскохозяйственного назначения (3631,7 тыс. га). В структуре земельного фонда на территории Астраханской области преобладают сельскохозяйственные угодья – 68,1%, в том числе пашни – 9,8% от сельскохозяйственных угодий, сенокосы – 11,2%, пастбища – 78,5% [4].

Территория дельты Волги характеризуется дельтовыми лугами, испытывающими ежегодные весенне-летние половодья и возвышенными участками (прирусловые валы, гривистые участки, бэровские бугры). Расположение последних широтное и субширотное, но неравномерное. Бугры Бэра представляют собой вытянутые с запада на восток до 1–2 км овальные холмы, ширина которых колеблется от 80 до 300 м, а высота над окружающей равниной до 10–15 м. Между этими холмами расположены равнинные участки или межбугровые понижения [1].

Особенности экологических условий способствовали распространению здесь особых групп растений, которые обусловили преимущественно пастбищное использование этой территории. Произрастание на склонах, шлейфах и подножий бэровских бугров злаков (Poaceae), полыней (Artemisia) и солянок (Salsola) позволяет получать корма высокой питательной ценности практически в течение всего года. Однако, выпас и особенно перевыпас животных является фактором, который имеет и глубоко отрицательное влияние

на экологическую обстановку, в частности, на состав травостоя пастбищ, динамику травостоя, а также на развитие процессов эрозии и опустынивания.

На склонах бэровских бугров и в межбугровых понижениях происходит круглогодичный, бессистемный и зачастую бесконтрольный выпас и перевыпас скота – крупного рогатого, лошадей, верблюдов, сайгаков, овец и коз. Именно перевыпас является одним из доминирующих факторов опустынивания и приводит к изменению экосистем дельты Волги [3].

Развитие процессов опустынивания территории дельты Волги и деградация пастбищных экосистем становятся все более явными, в связи с чем возникает необходимость обобщения опыта исследования динамики почвенно-растительного покрова дельты под влиянием перевыпаса и разработка мероприятий охраны и восстановления таких пастбищных экосистем.

Исследование растительного покрова пастбищных экосистем дельты Волги осуществлялось с использованием рекогносцировочного, детально-маршрутного, стационарного и укосного методов.

Рекогносцировочный метод позволил выяснить основные закономерности состава, строения и распределения растительного покрова пастбищных экосистем территорий дельты, подверженных влиянию перевыпаса, а также осуществить оценку их состояния по степени сбитости растительного покрова (табл. 1). Сбитость некоторых пастбищных экосистем достигла 100%, из них 79% – средне- и сильносбитые.

Таблица 1. Классификация пастбищ по степени сбитости растительного покрова

Типы пастбищ	Проективное покрытие, %
Слабосбитое	более 70
Среднесбитое	50-70
Сильносбитое	20-50
Очень сильносбитое	менее 20

Проводимые геоботанические обследования позволили выявить различные типы пастбищных экосистем дельты, которые характеризуются наиболее сильной степенью сбитости. Индивидуальные характеристики обследованных территорий пастбищ приведены в качестве усредненного показателя (табл. 2).

Таблица 2. Геоботаническая характеристика деградированных пастбищ дельты Волги

Тип пастбищ	Проективное покрытие, %	Средняя высота травостоя, см	Запас фитомассы, г/м ²
Сильносбитые			
Тысячелистниково-полынные	30	10,0	30
Типчаково-полынные	30	14,0	35
Полынно-злаковые	30	9,0	25
Полынные	25-30	13,0-15,0	25-45
Злаково-полынные	30	25,0	60
Очень сильно сбитые			
Тысячелистниково-полынные	10	7,0	10
Типчаково-полынные	20	10,0	15
Полынно-злаковые	10	6,0	5
Полынные	20-25	10,0-12,0	15-25
Солянково-разнотравные	10	5,0	5
Однолетниковые	10	9,0	15

Длительная бессистемная эксплуатация пастбищных экосистем привела к их глубокому нарушению, заключающемуся, в частности, в прогрессирующем процессе опустынивания территории дельты. Растительный покров пастбищных экосистем дельты характеризуется изреженностью травостоя, в состав которого входят засухоустойчивые и солевыносливые виды растений. В засушливых условиях пастбищ дельты произрастают такие виды растений, как тысячелистники, бодяки, латуки, астрагалы, лядвинцы и другие. К солевыносливым видам относятся бассии, камфоросмы, солеросы, солянки, сарсазан.

Из видового состава травянистой растительности пастбищ исчез ковыль, редкими стали такие ценные растения, как житняк, пырей и другие виды злаков, которые были вытеснены такими эфемерами и эфемероидами, как костры, муртуки. Эти злаки хоть и представляют кормовую ценность, но быстро заканчивают вегетацию и являются бескорневищными злаками, поэтому плохо противостоят ветровой эрозии.

Для травянистого сообщества, трансформированного под влиянием перевыпаса, отмечены особенности основных фитоценологических признаков (табл. 3).

Таблица 3. Изменение основных фитоценологических признаков растительности

Параметры	Контроль (без выпаса)	Опыт (перевыпас)
Общее количество видов	8	4
Число сорных видов	-	3
Общее проективное покрытие	60	30
Средняя высота	40	15
Соотношение ботанических групп, %:		
Злаки	33,3	12,5
Бобовые	33,3	12,5
Разнотравье	33,3	71,4
Соотношение экологических групп, %:		
Гемикриптофит	33,3	12,5
Хамефит	37,5	
Терофит	37,5	16,7
Геофит	12,5	33,3

Из таблицы видно, что из травостоя пастбищных экосистем выпадают кормовые злаки и бобовые, а в состав внедряются и разрастаются малоценные виды разнотравья, устойчивые к перевыпасу полынь Лерха, лебеда татарская, верблюжья колючка, молочай уральский и другие сорные и несъедобные виды [2].

Таким образом, перевыпас скота на пастбищных экосистемах приводит к сбитости растительного покрова, которая в некоторых случаях достигает 100%, что свидетельствует об опустынивании таких территорий дельты Волги. На таких площадях происходит резкое изменение проективного покрытия, средней высоты травостоя и фитомассы. Из травостоя пастбищных экосистем выпадают кормовые злаки и бобовые, а в состав внедряются и разрастаются малоценные виды разнотравья, устойчивые к перевыпасу.

Развитие процессов опустынивания территории дельты Волги и деградация пастбищных экосистем становятся все более явными, в связи с чем возникает необходимость обобщения опыта исследования динамики почвенно-растительного покрова дельты под влиянием перевыпаса и разработка мероприятий охраны и восстановления таких пастбищных экосистем.

Список литературы

1. Аристархова Л.Б. Еще раз о происхождении и принципах локализации бэровских бугров // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1980. № 4. С. 67–73.

2. *Дымова Т.В.* Перераспределение экологических групп и жизненных форм растений пастбищ дельты Волги под влиянием выпаса // Юг России: экология, развитие. 2009. № 1. С. 20–24.

3. *Дымова Т.В., Федотова А.В.* Перевыпас как одна из причин опустынивания территории Астраханской области // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Комсомольск-на-Амуре, 09 декабря 2021 г.) / отв. ред. Н.М. Чернявской. Комсомольск-на-Амуре: АмГПИУ, 2021. С. 240–244.

4. Управление Росреестра по Астраханской области [Электронный ресурс]. URL: https://vk.com/wall-212322292_975 (дата обращения: 20.05.2025).

ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАССЕЙНА НИЖНЕГО ДОНА В БРОНЗОВОМ ВЕКЕ ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В статье приведены данные палинологических исследований погребенных почв для двух курганов («Астахов II» и «Малая Каменка VI»), а также поселения-мастерской на древнем роднике «Каменогорье I», расположенных в Каменском районе Ростовской области, по времени формирования охватывающих ранний, средний и поздний этапы бронзового века. Установлено, что в конце раннего бронзового века произрастали сообщества близкие к современным разнотравно-злаковым степям. Для середины эпохи бронзы были характерны наиболее засушливые условия с широким распространением ксерофитной растительности. В позднем бронзовом веке произошло смягчение условий увлажнения, возросло участие луговой растительности.

Ключевые слова: палеопочвы, курган, поселение, ландшафтные реконструкции, Нижний Дон

K.V. Dyuzhova

Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

kristi_kras007@mail.ru

HISTORY OF VEGETATION OF THE LOWER DON BASIN IN THE BRONZE AGE (BASED ON PALYNOLOGICAL DATA)

The article presents palynological studies data of paleosols for two mounds («Astakhov II» and «Malaya Kamenka VI»), as well as a settlement-manufactory «Kamenogorye I» at the ancient source, located in the Kamensky District of the Rostov Region, which cover the early, middle and late stages of the Bronze Age. It has been established that at the end of the Early Bronze Age communities close to modern forb-grass steppes were widespread. The middle of the Bronze Age was characterized by the most arid conditions with a wide distribution of xerophytic vegetation. In the Late Bronze Age, moisture conditions were softened, and the participation of meadow vegetation were increased.

Keywords: paleosols, mound, settlement, landscape reconstructions, the Lower Don Region

Почвы, погребенные под культурными слоями поселений, курганными насыпями в засушливых регионах широко используются для реконструкций палеосреды [1–3]. Спорово-пыльцевые спектры отложений таких объектов отражают как локальные, так и региональные черты растительного покрова, существовавшего в определенный момент времени. Изучение большего числа объектов, накопление данных для различных временных этапов поможет уточнить и дополнить имеющуюся информацию о смене природных обстановок в бассейне Нижнего Дона в голоцене [4–7].

Материалом для исследования послужили палеопочвы кургана 2 курганного могильника «Астахов II», кургана 1 курганной группы «Малая Каменка VI», а также поселения-мастерской на древнем роднике «Каменогорье I», расположенных в Каменском районе Ростовской области (рис. 1). Территория относится к гидрологической сети р. Северский Донец входящей в состав водосборного бассейна Нижнего Дона. Зональным типом растительности, являются разнотравно-типчаково-ковыльные (разнотравно-дерновиннозлаковые) степи с распространением на водоразделах и пологих склонах подтипа обедненной или разнотравной степи, с преобладанием *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr. и *Festuca valesiaca* Gaudin. Современный растительный покров вблизи объектов — это степные и луговые сообщества, где доминирующая роль принадлежит растениям из семейства Poaceae, а в качестве содоминантов выступает *Artemisia*. Высока доля

представителей растений семейства прочих Asteraceae, часть из которых принадлежим сорным видам (*Sonchus oleraceus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop. и др). Разнотравье представлено следующими видами: *Agrimonia eupatoria* L., *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Potentillas* sp. и др.

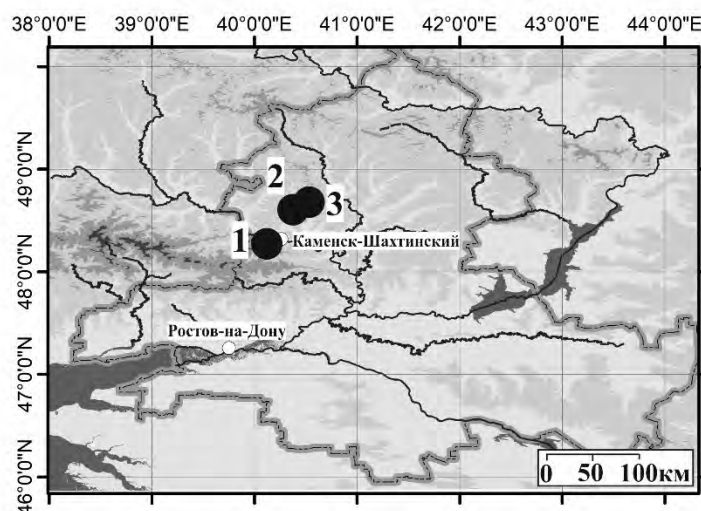


Рис. 1. Карта-схема расположение объектов исследования. Условные обозначения: 1 – курган 1 курганной группы «Малая Каменка VI» [8], 2 – курган 2 курганного могильника «Астахов II», 3 – поселение-мастерская «Каменогорье I»

Первоначальное сооружение кургана «Астахов 2» и формирование изученной палеопочвы произошло в конце эпохи ранней бронзы. Пыльца древесных и кустарниковых растений обнаружена в количестве всего 4 % (от суммы всех пыльцевых зерен и спор), и представлена *Pinus sylvestris* L., *Acer*, *Quercus*, *Ulmus*. Такой состав пыльцы указывает на минимальное произрастание древесных массивов в регионе.

В группе трав преобладали представители подсемейства Asteroideae – более 30 %, доля пыльцы *Artemisia*, относящихся к ксерофитам, составила 15 %. Среди доминирующих травянистых компонентов можно отметить также пыльцу Rosaceae – 18 %. Пыльцы растений семейства Amaranthaceae в ископаемой почве отмечено всего около 8 %. Пыльцы мезофильного разнотравья содержится 13 %, с преобладанием представителей семейства Rosaceae. Споры эндомикоризного гриба *Glomus*, показателя почвенной эрозии встречаются единично. На территории вблизи кургана распространялись открытые ландшафты разнотравных степей, участие интразональной древесной растительности было незначительно.

Археологические артефакты из погребения «Малая Каменка VI», свидетельствуют о том, что возраст образования подкурганной почвы коррелирует с эпохой средней бронзы (около 4000 лет назад) [8]. Состав пыльцы древесных растений в спорово-пыльцевых спектрах также как и для палеопочв конца ранней бронзы обеднен, ее содержание не превышает 6 %. Преобладает пыльца сосны (4 %), число пыльцы прочих древесных (*Betula*, *Quercus*, *Ulmus*, *Salix*) невелико. В группе пыльцы трав доминируют представители семейства Rosaceae, достигая 28 %. Пыльца различных видов *Artemisia*, также оказывает влияние на спектры и достигает 17 %. В ископаемой почве обнаружена в количестве 2% пыльца *Ephedra*, растения, произрастающего в местах с недостаточным увлажнением. Мезофильное разнотравье не превышает значений в 9 %. Растительность представляла сухие степи, лесные массивы в регионе, как и в предшествующий период имели ограниченное распространение.

В разрезе поселения «Каменогорье I» слои стратиграфически представлены современными аллювиальными отложениями, культуросодержащим горизонтом, сложенным супесями и песками с примесью органогенного материала и подстилающими светло-серыми

глинами [9]. Большинство археологических находок указывают, на то, что поселение относится к периоду срубной культуры позднего бронзового века (3900–3300 лет назад).

В поселении «Каменогорье I» расположенные ближе поверхности горизонты культурного слоя, содержат малое количество пыльцы и спор. Среди травянистых растений преобладает пыльца представителей подсемейства Cichorioideae, которое включает в себя большое число сорных видов, что является показателем антропогенной нагрузки на сообщества. Отмечена пыльца разнотравья из семейств Apiaceae, Rosaceae, Ranunculaceae, Fabaceae. В группе пыльцы древесных пород встречены единичные пыльцевые зерна *Betula*, и *Salix*. На возможную почвенную эрозию могут указывать обнаруженные в большом количестве споры *Glomus*.

Представление о растительном покрове, который распространялся на окружающей территории во время существования стоянки можно сформировать по анализу спорово-пыльцевых спектров только горизонта, расположенного в центре культурного слоя. Здесь преобладает пыльца трав, ее количество составляет 95 %. Пыльца древесных растений встречается единично, в сумме не превышая 4 %. Среди пыльцы трав преобладают *Amaranthaceae* – 22 %, *Asteraceae* – 19 %, *Poaceae* – 15 %, определяющие степной зональный тип растительного покрова. Высокая доля пыльцы *Amaranthaceae*, встреченные пыльцевые зерна *Plantago*, споры гриба *Glomus* могут указывать на нарушенные участки, покрытые сорной растительностью, образованные в результате антропогенного воздействия. Особенностью спорово-пыльцевых спектров является высокая доля пыльцы мезофильного разнотравья, до 20 %, что указывает на благоприятные условия увлажнения.

Таким образом, в результате исследований удалось получить данные о существовании растительности на протяжении большей части Бронзового века в нижнем течении р. Северский Донец. Изученную территорию занимали открытые ландшафты. Лесная интразональная растительность разрозненными участками встречалась в понижениях рельефа: балках и поймах рек. В конце раннего бронзового века растительный покров был близок к современным разнотравно-злаковым степям. Середина эпохи бронзы характеризуется засушливыми условиями с распространением ксерофитной растительности. Изучение состава палинологических спектров отложений поселения «Каменогорье I» позволило установить, что в позднем бронзовом веке степные и лугово-степные сообщества сохранялись как преобладающие в растительном покрове. Локальные условия увлажнения, близость к ручью способствовали произрастанию мезофитной луговой растительности.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гос. рег. 125012000466-3.

Список литературы

1. Приходько В.Е., Иванов И.В., Манахов Д.В., Герасименко Н.П., Инубуши К., Кавашигаши М., Нагано Х., Сугихара С. Почвы, растительность и климат Южного Зауралья в эпоху средней бронзы (на примере Аркаима) // Почвоведение. 2013. № 9. С. 127–136.
2. Приходько В.Е., Rogozin E.P., Чаплыгин М.С. Реконструкция климата, почв и растительности срубного времени на основании исследования курганов Предуральской лесостепи Республики Башкортостан // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1052–1067
3. Сверчкова А.Э., Хохлова О.С. Эволюция почв и ландшафтно-климатические изменения в эпоху бронзы для степи Кубано-Приазовской равнины на основе изучения крупного кургана // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. Т. 85. № 1. С. 70–83.
4. Спиридонова Е.А. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене – голоцене (верхний палеолит – бронза). М.: Наука, 1991. 221 с.
5. Кременецкий К.В. Природная обстановка голоцена на Нижнем Дону и в Калмыкии // Степь и Кавказ. Труды ГИН. Вып. 97. М.: Наука, 1997. С. 30–45.

6. *Борисова О.К.* Результаты палинологических исследований разреза Ракушечный Яр – 2009 // *Археологические записки. Вып. 7.* Ростов-на-Дону: Донское археологическое общество, 2011. С. 5–14.

7. *Величко А.А., Борисова О.К., Морозова Т.Д., Тимирева С.Н.* Новые данные об изменениях климата и ландшафтов в нижнедонской степной провинции в голоцене // *Известия Российской академии наук. Серия географическая.* 2014. № 6. С. 75–90.

8. *Нестерук Г.В., Дюжова К.В., Данильченко А.Ю., Щипанова А.Г., Ларина Э.В.* Реконструкция палеоэкологических условий средней бронзы на основании исследования погребенных почв Каменского района Ростовской области // *Аридные экосистемы.* 2024. Т. 30. № 4(101). С. 60–69.

9. *Данильченко А.Ю., Ревина Е.И., Щипанова А.Г., Мурашко А.В., Нестерук Г.В., Дюжова К.В.* Поселение у древнего родника «Каменогорье I» в бассейне реки Глубокой (низовье Северского Донца) // *Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: материалы IX Международной научной конференции.* Донецк: Изд-во ДонГУ, 2024. С. 293–295.

УДК 631.481:536.7:550.4.01 (470)

Е.И. Ергина¹, В.О. Смирнов¹, М.Л. Новицкий², Е.А. Артемова¹

¹Институт «Таврическая академия» структурное подразделение ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия

²ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», г. Ялта, Россия

ergina65@mail.ru

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСТИРРИГАЦИОННЫХ ПОЧВ И ЛАНДШАФТОВ РАВНИННОГО КРЫМА

В статье рассматриваются процессы трансформации ландшафтов равнинного Крыма в условиях прекращения подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу. После более чем полувекового орошения в почвах равнинного Крыма происходят эволюционные изменения неоднозначные для различных ландшафтных уровней. В гидроморфных ландшафтах происходит процесс рассоления при условии стабильного уровня грунтовых вод. В ландшафтах плакорного уровня заметных эволюционных изменений, после прекращения орошения, не наблюдается.

Ключевые слова: Крым, Северо-Крымский канал, постирригационные почвы

E.I. Ergina¹, V.O. Smirnov¹, M.L. Novitsky²

¹Institute "Taurida Academy" structural subdivision of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

²Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia

ergina65@mail.ru

THE CURRENT STATE OF POST-IRRIGATION SOILS AND LANDSCAPES OF THE LOWLAND CRIMEA

The article examines the processes of transformation of the landscapes of the flat Crimea in the conditions of the cessation of the supply of Dnieper water through the North Crimean Canal. After more than half a century of irrigation, evolutionary changes are taking place in the soils of the flat Crimea, which are ambiguous for various landscape levels. In hydromorphic landscapes, the process of salinization occurs under the condition of a stable groundwater level. There are no noticeable evolutionary changes in the landscapes of the reference level.

Keywords: Crimea, North Crimean Canal, irrigation soils

С введением в строй первой очереди Северо-Крымского канала в 1963 году, в Крыму началась эра орошаемого земледелия. Для орошения использовалась днепровская вода, поступающая по руслу канала. В начале 2000-х годов площадь орошаемых земель в Крыму достигла 397345 га (согласно данным ГБУ РК «Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция»). С широкомасштабным внедрением орошения изменились условия функционирования всех компонентов природных и антропогенных ландшафтов и в первую очередь почв. Повышение энергетики почвообразования, за счет включения в природную экосистему дополнительного источника воды, привело к активизации некоторых процессов почвообразования, имеющих незначительные по длительности «характерные времена» и одновременно с ними к интенсификации процессов вторичного выветривания, развития некоторых физических и физико-химических свойств почв не свойственных зональным аналогам. Результаты этих изменений имеют как положительный, так и отрицательный эффект за счет повышения уровня грунтовых вод и подтопления территорий, вторичного засоления почв, интенсификации процессов эрозии почв, развития новых ее видов, например ирригационной эрозии, уплотнения, дегумификации. [1].

В 2014 г. была значительно ограничена, а позже полностью перекрыта подача днепровской воды по Северо-Крымскому каналу. А в 2023 году после катастрофы на Каховской гидроэлектростанции была разрушена инфраструктура Северо-Крымского канала на территории Херсонской области. Как следствие, в настоящее время оросительные системы, подававшие днепровскую воду в Крым, не работают и полив сельскохозяйственных угодий, на большей части, полуострова не производится. Почвы на таких участках, в настоящее время, эволюционируют с одной стороны, в условиях относительно близких к зональным, но с другой стороны, вернуться в отправные (позднеголоценовые) факторы почвообразования, они практически не могут по причине переменчивости климата, факт изменения которого, не имеет смысла отрицать [2]. Таким образом, сейчас мы имеем уникальную возможность исследовать очередной этап эволюции почв Крыма – постирригационный.

Поскольку в настоящее время днепровская вода не поступает в Крым, возрастает роль местных водных источников, в том числе водотоков, для водообеспечения территории Равнинного Крыма. Но, предварительные расчеты по рекам Джанкойского района показывают, что в период с 2014 по 2018 годы расходы по рекам уменьшились более чем в 2 раза, по сравнению с периодом с 2004 по 2014 гг. Это связано с прекращением подачи днепровской воды по Северо-крымскому каналу и ведет к дефициту водных ресурсов в регионе.

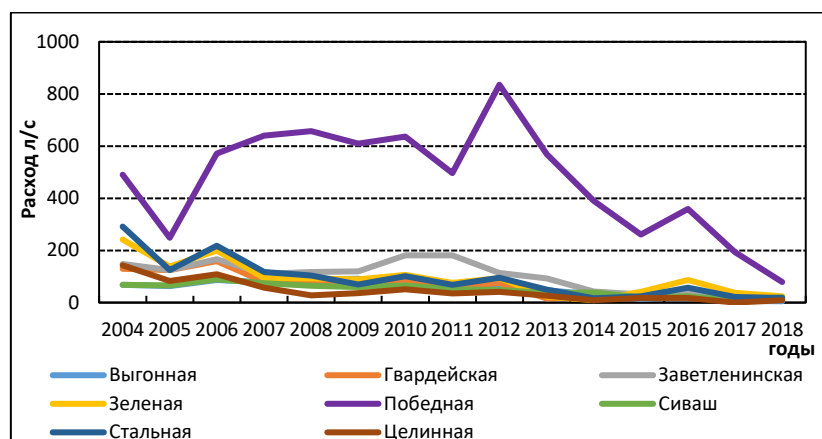


Рис. 1. Динамика расходов воды (л/с) за 2004-2018 гг. по реками протекающим на территории Джанкойского района Республики Крым [4]

Для исследований современного состояния почв ранее орошавшихся, а ныне находящихся в богарном режиме заложены ключевые участки на территории Джанкойского (Присивашье) и Симферопольского района (центральной части предгорного Крыма). В ходе экспедиционных работ заложены ключевые разрезы с различными видами использования почв: ранее орошаемый ныне находящийся в богарном режиме – постирригационный; ранее не орошаемый богарный (суходольный), и залежный участок, который являлся эталоном сравнения для изучения динамики свойств почв. На территории Присивашья исследовали почвы и в пределах бывшего рисового чека, ныне находящемся в постирригационном режиме. В итоге получены следующие результаты.

В Присивашье: по гранулометрическому составу почва тяжёлая и представлена лёгкой глиной с преобладанием илистой фракции. В залежном варианте содержание песчаных фракций (1-0,05 мм) выше, чем у всех остальных в среднем на 4,31%. На постирригационных участках под зерновым севооборотом и под бывшим рисовым чеком, где на протяжении длительного время осуществлялся полив, содержание песчаных фракций в среднем составляет 6,66%, что на 3,63% меньше, чем на участках без орошения. Различия видны и в содержании пыли мелкой (0,005-0,001 мм) – на ранее орошаемых участках её содержалось в среднем составило – 17,73%, а на не орошаемых участках – 15,30%. Следует

отметить увеличение дефляционно-опасной пыли (0,01-0,005 мм) – на постирригационном участке под рисовыми чеками в прошлом (Гр 4), её количество составляет 11,48%. Наиболее плотная почва на залежном участке (в слое 0-100 см – 1,56 г/см³), на пахотных участках плотность почвы в верхних горизонтах более рыхлая, это связано с обработкой почвы техникой, с глубиной плотность увеличивалась и доходила до очень плотной – 1,58 г/см³ ниже 60 см, т.е. под влиянием различных факторов сформировалась почва с различной плотностью сложения. Реакция почвенной среды во всех вариантах – щелочная и сильнощелочная, по всему профилю рН составляет 7,62 – 8,94, что в значительной степени обусловлено присутствием карбоната натрия. Почвы относятся к средне- и слабокарбонатным. В орошаемых вариантах карбонатность ниже, нежели в почвах на залежном и богарном участке. По содержанию гумуса все обследованные почвы относятся к малогумусным. На залежном участке в верхнем почвенном горизонте содержится больше всего гумуса – 2,56%, меньше всего в вариантах постирригационном и суходольном вариантах – 1,94 и 1,98% ниже 40 см слоя содержание гумуса значительно уменьшается. В почве с постирригационным режимом в слое 76-83 см прослеживается незначительное увеличение гумуса, формируется вторичный гумусовый горизонт (иллювиальный), образованный в результате вымывания гумуса из верхних горизонтов в результате токов воды под воздействием орошения. Из солей преобладают сульфаты – в слое 80-140 см их содержание составило 0,681-0,979 %. Анализ водной вытяжки постирригационного участка показал, что на всю глубину почвенного профиля почва не засолена. Но обнаружена сода на глубине 36-120 см в количествах 0,04-0,08 мг-экв/100 г почвы. На суходоле почва засолена легкорастворимыми солями с глубины 80-120 см, сумма солей составила 0,559-1,081 %. На участке под бывшим рисовым чеком анализ водной вытяжки показал, что на всю глубину почвенного профиля почва не засолена, сумма солей не превышает 0,085 % по профилю. На всех участках среди поглощенных оснований преобладает кальций, очень высокая доля магния. По содержанию обменного натрия почвы в верхнем горизонте несолонцеватые и слабосолонцеватые. Но в слое ниже 40 см средне- и сильносолонцеватые.

В центральной части предгорного Крыма: по гранулометрическому составу все исследуемые участки представлены лёгкой глиной с преобладанием илистых фракций. При сравнительном анализе гранулометрического состава всех исследуемых участков обнаруживаются незначительные различия: преобладание физической глины в верхних слоях почвы и неравномерное ее распределение вниз по профилю; преобладание илистых фракций в почве на залежном участке – ила на 1,77 % больше, чем на других участках; в почве постирригационного участка больше пыли крупной на 1,98% больше, чем на богаре и залежи; в почве постирригационного участка песчаных фракций меньше всего – 5,54%, в отличие от их содержания в почве на богарном участке – 6,34 % и залежном – 6,64% .

На пахотных участках плотность почвы в верхних горизонтах менее плотная, с глубиной плотность увеличивалась. На всех опытных площадках обнаружены скелетные фракции в виде мелкой гальки. Реакция почвенной среды во всех вариантах неоднородна от 6,97 до 8,50. рН с глубиной увеличивается. Почвы на всех участках классифицируются как средне- и сильнокарбонатные. Содержание гумуса до 1 метра на всех вариантах низкое и в среднем составило более 2%. По классификации такая почва относится к малогумусной. В верхнем слое 0-30 см, больше всего гумуса содержится в залежи – 3,44%, немного меньше в вариантах постирригационном и суходольном – 3,03 и 3,11% соответственно. Анализ водной вытяжки на всех участках показал, что на всю глубину почвенного профиля почва не засолена, сумма солей не превышает 0,063 % по профилю. На всех участках сумма обменных оснований 26,10-44,80 мг-экв на 100 г почвы. Содержание обменного натрия по профилю всех участков составляет 0,67-1,75 % от суммы поглощенных оснований. И по этому параметру почва относится к не солонцеватой в слое 0-200 см. Из поглощенных катионов на участках преобладает кальций.

Для оценки степени трансформации почвенного покрова (КТ) ранее обильно орошавшейся территории разработана методика расчёта и картографирования этого

показателя. В основу слоев карты положены данные об фактических потерях почвы в результате эрозии, как разности эрозионных потерь и допустимых норм эрозии, динамике запасов гумуса, динамике засоленности, площади нарушенных земель, отношению мощности гумусового горизонта в агрогенно-измененных почвах и предельной мощности гумусового горизонта, рассчитанного согласно предложенных ранее авторских моделей [3]. Все показатели приведены к относительным величинам. Чем выше значение КТ, тем больше преобразованы почвы. В качестве ключевого участка выступает территория Джанкойского района, практически вся его территория находится в границах гидроморфного ландшафтного уровня (рис. 2).

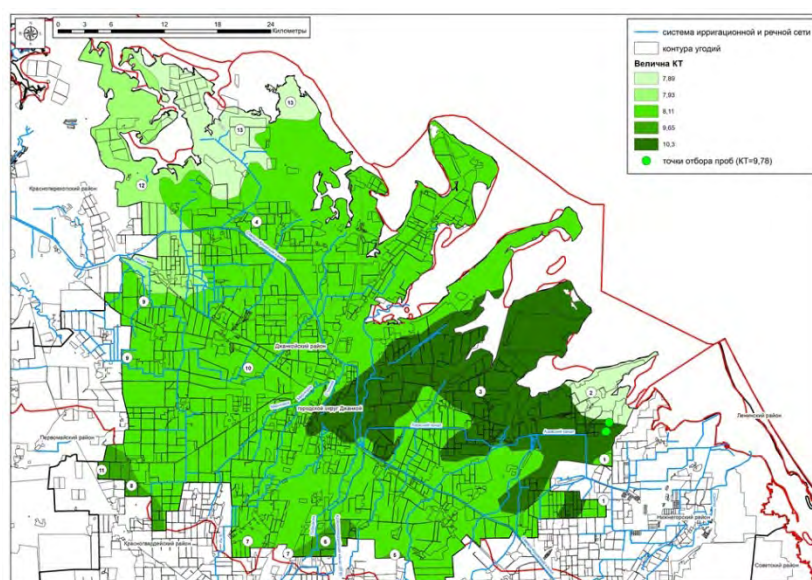


Рис. 2. Коэффициент трансформации почв Джанкойского района

Картографическое моделирование в пределах Джанкойского района характеризует изменения коэффициента трансформации почвенного покрова в пределах от 7,9-10,3.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 24-17-20020.

Список литературы

1. Драган Н.А. Влияние орошения на почвенный покров равнинного Крыма // Вопросы развития Крыма. Симферополь: Таврия, 1997. Вып. 4. С. 61–66.
2. Ергина Е.И., Жук В.О. Пространственно-временной анализ опасных гидрометеорологических явлений в Крыму. Симферополь: Ариал, 2024. 158 с.
3. Ергина Е.И., Горбунов Р.В., Щербина А.Д. Географический анализ допустимых норм эрозии почв в агроландшафтах Крымского полуострова. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. 180 с
4. Timchenko Z., Tabunshchik V., Zelentsova M. The characteristics of the Dzhankoy Region Rivers and Dzhankoy Town Okrug of the Republic of the Crimea // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. 548. 052038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/5/052038>

ПАЛЕОПИРОГЕННЫЕ ПОЧВЫ ПОЛЯРНОГО УРАЛА: ГЕНЕЗИС, ЭВОЛЮЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ

В статье рассмотрены особенности формирования ранее малоисследованных почв горных тундр Полярного Урала, сформированных при близком подстилании карбонатных пород. Представлена попытка реконструкции растительного покрова территории в голоцене, прилегающих к мерзлотному торфянику, выполненная по результатам изучения концентрации макроскопических частиц угля, спорово-пыльцевого и микробиоморфного анализа и радиоуглеродного датирования. Наличие в поверхностных и в погребенных горизонтах исследуемых почв мощного слоя (10-35 см) хорошо сохранившихся фрагментов углистых частиц свидетельствует о многочисленных интенсивных эпизодах горения древесной биомассы в голоцене (6000-5000 кал.л.н.).

Ключевые слова: горные тундры, палеопирогенез, голоцен, криометаморфический горизонт, карбонаты

E.V. Zhangurov¹, E.V. Shamrikova¹, A.A. Golyeva², M.A. Korolev¹, A.N. Panyukov¹

¹Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch RAS, Syktывkar, Russia

²Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

zhangurov@ib.komisc.ru

PALEOPYROGENIC SOILS OF THE POLAR URALS: GENESIS, EVOLUTION, CLASSIFICATION

The article considers the features of the formation of previously poorly studied soils of the mountain tundra of the Polar Urals, formed with a close underlying carbonate rocks. An attempt to reconstruct the vegetation cover of the territory in the Holocene, adjacent to the permafrost peatland, is presented, carried out based on the results of studying the concentration of macroscopic coal particles, spore-pollen and microbimorphic analysis and radiocarbon dating. The presence in the surface and buried horizons of the studied soils of a thick layer (10-35 cm) of well-preserved fragments of carbonaceous particles indicates numerous intense episodes of woody biomass combustion in the Holocene (7000-5000 cal. BP).

Keywords: mountain tundra, paleopyrogenesis, Holocene, cryometamorphic horizon, carbonates

Полярный Урал (66° – 68° с.ш.), как самая северная часть Уральского горного хребта, обширный физико-географический регион (около 25000 км²), который характеризуется разнообразием ландшафтов и горных пород, наличием островного распространения многолетнемерзлых пород, сложной палеогеографической обстановкой осадконакопления. Согласно различным авторам [1; 12] последнее обширное покровное оледенение Полярного Урала относится к ранневалдайскому времени (МИС-4). Одновременно с покровным развивалось горно-долинное оледенение: межгорные долины и цирки внутренней части Полярного Урала были заняты горными ледниками, при этом отдельные наиболее высокие вершины хребтов оставались свободными ото льда [1]. Учитывая сложные климатические флуктуации в голоцене и динамику растительности на верхней границе распространения древесных пород [4; 5], данный регион представляет собой интересный и перспективный «полигон» для почвенно-географических исследований. Одним из слабоизученных аспектов для почв горно-тундровых ландшафтов является выявление роли пирогенеза – важного

экологического фактора в функционировании экосистемы в целом и отдельных ее компонентов. К настоящему времени почвы с признаками пирогенеза в равнинных ландшафтах таежной зоны исследованы значительно лучше [6; 9; 10] по сравнению с почвами горных экосистем [2]. Для исследуемого нами региона Полярного Урала подобные сведения отсутствуют.

Цель данной работы – характеристика современного состояния и развития фитоценозов горных тундр Полярного Урала в позднем голоцене, физико-химических особенностей и генезиса преобладающих на их территории почв.

Район исследований расположен в бассейне реки Собь и охватывает северную часть хребта Большой Пайпудынский и окрестности озера Есто-то (67°13' с.ш. и 65°28' в.д.). В растительном покрове ключевых участков исследований преобладают различные фитоценозы горных тундр (200-600/800 м над ур.м); редкостойные елово-лиственничные и елово-березовые редколесья распространены крайне незначительно и распространены по долинам рек (140-160 м над ур.м.).

Объектами исследований были выбраны почвы на высотном геоморфологическом профиле: от вершины до основания склона, сформированные на элювиально-делювиальной толще мраморизованных известняков и переотложенных суглинистых отложениях в условиях карстовых воронок. Дополнительно был исследован мерзлотный плоскобугристый торфяник (0-180 см).

Образцы минеральных горизонтов и торфа для микробиоморфного и палинологического анализов были отобраны с интервалом 5-10 см по горизонтам. Лабораторная обработка проводилась стандартным щелочным методом [11]. Подсчет пыльцы, как правило, включал минимум 300 пыльцевых зерен древесных растений. Радиоуглеродное датирование образцов почв и углистых частиц было проведено в радиоуглеродной лаборатории Института географии РАН методом ускорительной масс-спектрометрии (IGAN_{AMS}), образцов торфа – жидкостно-сцинтилляционным методом в Институте мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН.

Общей морфологической особенностью исследуемых почв (типы: перегнойно-темногумусовые, литоземы, криометаморфические) является наличие перегнойно-темногумусовых горизонтов АН_{рг}, которые диагностируются темной (от темно-коричневой вплоть до черной) окраской (10YR 3/3 – 3/1; 10YR 2/1) и непрочной комковатой структурой с отчетливым (резким) переходом по цвету в нижележащие горизонты (BC_{ca} и/или CRM_{ca}) [8]. В горизонте АН_{рг} имеется незначительная примесь растительных остатков разной степени разложения, а также включения послепожарных древесных углей [3]. Интенсивно темноокрашенные пирогенные горизонты локализованы как в верхней части почвы (разрезы 6-ПУ; 5-ПУ), так и в виде погребенных горизонтов в средней и нижней части (5-ПУ и 7-КПУ). Характер распределения углей по почвенным профилям во многом определяется локальными факторами (характером микрорельефа и содержанием щебня известняков) и возможностью их дальнейшей миграции (вертикальной и горизонтальной).

В верхних горизонтах (1-10 см и 10-25 см) в значительном количестве содержатся мелкие угли с размерами ≤ 1 мм, что вероятно связано с многократными «пожарными событиями» и последующим эрозионным поверхностным стоком вниз по склону. Кроме того, на этом участке ярко выражен криогенный микрорельеф (полигоны без растительности составляют до 70% площади); активные процессы криотурбаций (в том числе процессы физической дезинтеграции) в значительной степени определяют диспергацию углистого материала. В нижнем горизонте на глубине 25-35 см существенно возрастает содержание крупных углистых частиц (от 3-5 мм до 10-12 мм), что, по мнению ряда авторов [6; 9] свидетельствует о локальном (местном) типе пожара. Наличие в карстовых воронках (расположены ниже по склону от разрезов 6-ПУ и 5-ПУ) на глубине 35-50 см мощного погребенного слоя углей (с размерами до 5-6 мм) демонстрирует профиль погребенной почвы с отчетливой дифференциацией на генетические горизонты, сформированных в результате процессов эрозии–отложения после палеопожара(ов).

В сравниваемых разрезах характерно низкое содержание гумусово-глинистой плазмы и органического вещества, которое представлено волокнами растительных остатков, срезами корней с сохранившимся клеточным строением, углистыми частицами с грибными телами и гифами [3]. Для растительных остатков характерна высокая степень криогенной мелкой фрагментации, что вполне согласуется с продолжительным периодом (октябрь – май) нахождения поверхностных горизонтов в диапазоне отрицательных температур. В результате интенсивных криогенных процессов (турбации) происходит внедрение мелко-фрагментированных слаборазложившихся растительных тканей из верхнего слоя 1-5 см на глубину до 32 см и более. Отчетливо диагностируются округлые микроагрегаты и вымораживание пыли в межагрегатные поры, что свидетельствует о криогенной сепарации пыли. К специфическим особенностям микростроения органического вещества можно отнести реликтовый гумусовый горизонт (разрез 6-ПУ, глубина 25-35 см), диагностируемый по агрегатам с интенсивной пропиткой аморфным органо-железистым органическим веществом [3]. Данный образец по результатам радиоуглеродного датирования имеет возраст 3040 кал.л, а углистого древесного материала – 6340 кал.л. Кроме того, реликтовый педогенез в условиях более теплого периода развития ландшафтов голоцена диагностируется: 1) по включению мелких углистых (пирогенных) частиц внутри трещиноватых карбонатных крупных обломков пород; 2) по признакам растворения и перекристаллизации породных фрагментов кальцита; 3) по наличию глинистых кутан, которые свидетельствуют о подвижности глины при лесном (реликтовом) этапе почвообразования.

Таким образом, достаточно мощный слой пирогенных горизонтов 30-35 см, (радиоуглеродные даты углистых остатков – 6000-5000 л.н.) свидетельствует о серии продолжительных (циклических) палеопожаров на рубеже позднеатлантического/суббореального периодов голоцена и широкого распространения здесь редкостойных лиственнично-елово-березовых растительных формаций.

В спорово-пыльцевых спектрах горизонтов АН_{пр} преобладает пыльца деревьев и кустарников (85%). Основную долю в этой группе составляет пыльца древесной березы (*Betula* sect. *Albae*), карликовой березки (*Betula nana*) и ольховника (*Duschekia fruticosa*). Значительно участие пыльцы сосны (*Pinus* subgen. *Harpoxylon* и *P.* subgen. *Diploxylon*). Очидно пыльца сосны является заносной для Полярного Урала, что отмечают и другие авторы [7]. Все виды сосен обладают высокой пыльцевой продуктивностью, а воздушные мешки позволяют их пыльцевым зернам переноситься по воздуху на значительные расстояния. В группе травянистых растений определена пыльца представителей семейств *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Ariaceae*, *Ericaceae*, присутствует в небольшом количестве пыльца морошки (*Rubus chamaemorus*).

Получены сведения о составе микробиоморфных спектров исследуемых минеральных почв, включающих в себя 4 основных категории микробиоморф: растительный детрит, фитоциты растений, панцири диатомовых водорослей, спикулы губок. Исследуемые образцы содержат в основном растительный детрит, аморфную органику. Малое количество фитоцитов и резко убывающий характер с глубиной обусловлен тем, что подавляющее большинство растений тундровых ландшафтов не формируют фитоциты. Количественные различия фитоцитных комплексов определяются ландшафтно-геоморфологическими особенностями.

Проведенный анализ спорово-пыльцевых спектров мерзлотного торфяника и радиоуглеродные датировки позволили детализировать палеогеографические особенности развития растительности Полярного Урала и сравнить с литературными данными [5; 7].

Таким образом, формирование современного почвенного покрова происходило на фоне значительных изменений природно-климатических условий в голоцене с неоднократной миграцией верхней границы древесных пород в высотном градиенте при потеплениях и с последующей её деградацией при похолоданиях на фоне продолжительных (циклических) палеопожаров на рубеже позднеатлантического / суббореального периодов. Выявлено, что органопробы почв горных тундр Полярного Урала отличаются сложным строением за счет

сочетаний нескольких микроформ гумуса (криотурбированный, реликтовый), отражая как современные (криогенные), так и унаследованные признаки позднеатлантического этапа почвообразования. Использование комплекса макро-мезо-микроморфологических, фитолитовых, палинологических и химических анализов, а также радиоуглеродного датирования позволило диагностировать разное проявление и сочетание элементарных почвообразовательных процессов и выявить сложный полигенетический профиль развития отдельных типов почв.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-27-00231).

Список литературы

1. Астахов В.И. Лёссоиды и другие индикаторы северного перигляциала // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55. № 2. С. 5–33. <https://doi.org/10.31857/S2949178924020018>
2. Габбасова И.М., Гарипов Т.Т., Сулейманов Р.Р., Комиссаров М.А., Хабиров И.К., Сидорова Л.В., Назырова Ф.И., Простякова З.Г., Котлугалямова Э.Ю. Влияние низовых пожаров на свойства и эрозию лесных почв Южного Урала (Башкирский государственный природный заповедник) // Почвоведение. 2019. № 4. С. 412–421. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19040075>
3. Жангуров Е.В., Лебедева М.П., Шамрикова Е.В., Королёв М.А., Панюков А.Н. Почвы на карбонатных породах Полярного Урала: генезис, свойства и классификация // Почвоведение. 2024. № 12. С. 1736–1755. <https://doi.org/10.31857/S0032180X24120055>
5. Никифорова Л.Д. Динамика ландшафтных зон голоцена северо-востока Европейской части СССР // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С.154–162.
6. Панова Н.К., Янковска В., Корона О.М., Зиновьев Е.В. Динамика растительности и экологических условий на Полярном Урале в голоцене // Экология. 2003. № 4. С. 248–260.
7. Петров Д.Г. Пути миграции углистых частиц в постпирогенных почвах тайги и тундры в зависимости от особенностей пожара и факторов среды // Бюллетень почвенного Института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 105. С. 109–145. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-105-109-145>
8. Сурова Т.Г., Троицкий Л.С., Пуннинг Я.М. Палеогеография и абсолютная хронология голоцена Полярного Урала // Известия АН ЭССР. Химия-геология. 1975. № 2. С. 152–159.
9. Шамрикова Е.В., Жангуров Е.В., Кулюгина Е.В., Королев М.А., Кубик О.С., Туманова Е.А. Почвы и почвенный покров горно-тундровых ландшафтов Полярного Урала на карбонатных породах: разнообразие, классификация, распределение углерода и азота // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1053–1070. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20090154>
10. Bobrovsky M., Kupriaynov D., Khanina L. Anthracological and morphological analysis of soils for the reconstruction of the forest ecosystem history (Meshchera Lowlands, Russia) // Quaternary International. 2019. Vol. 516. P. 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.06.033>
11. Mergelov N., Petrov D., Zazovskaya E., Dolgikh A., Golyeva A., Matskovsky V., Bichurin R., Turchinskaya S., Belyaev V., Goryachkin S. Soils in Karst Sinkholes Record the Holocene History of Local Forest Fires at the North of European Russia // Forests. 2020. Vol. 11. Iss. 12. 1268. <https://doi.org/10.3390/f11121268>
12. Moore P., Webb J., Collinson M. Pollen Analysis. Second edition. Blackwell Sc Publ, Oxford, 1991. 216 p.
13. Svendsen J., Krüger L., Mangerud J., Astakhov V., Paus A., Nazarov D., Murray A. Glacial and vegetation history of the Polar Ural Mountains in Northern Russia during the Last Ice

Age, Marine Isotope Stages 5–2 // Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 92. P. 409–428.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.10.008>

РЕКА ВИШЕРА (ПЕРМСКОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ) В КОНЦЕ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНЕ: РАЗВИТИЕ РЕЧНОЙ ДОЛИНЫ В КОНТЕКСТЕ ЕЁ ЗАСЕЛЕНИЯ ДРЕВНИМ ЧЕЛОВЕКОМ

Проведены комплексные палеогеографические и археологические исследования долины р. Вишеры (Пермское Предуралье) в нижнем её течении и расположенных в её пределах археологических памятников от неолита до русской колонизации. Выделено три террасовых уровня, сформировавшихся в конце позднего неоплейстоцена. Все археологические памятники приурочены к самому молодому и низкому террасовому уровню, располагались по берегам старичных озёр и на поверхности эоловых дюн, в отдалении от активного русла реки. Выделено 4 группы пойменных генераций, формировавшихся в течение голоцена.

Ключевые слова: террасы, пойменные генерации, археологические памятники, ОСЛ-датирование, радиоуглеродное датирование.

N.E. Zaretskaya¹, S.V. Kopytov^{2, 3}, D.V. Baranov¹, A.V. Chernov^{4, 5}, E.L. Lychagina^{2, 3}

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Perm State University, Perm, Russia*

³*Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia*

⁴*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

⁵*Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia*

n_zaretskaya@inbox.ru

THE VISHERA RIVER (PERM PRE-URAL REGION) AT THE END OF THE LATE PLEISTOCENE AND IN THE HOLOCENE: RIVER VALLEY DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF ANCIENT HUMAN SETTLEMENT

Comprehensive palaeogeographical and archaeological studies have been conducted in the lower reaches of the Vishera River valley (Permian Pre-Urals) and at the archaeological sites located within its boundaries, dating from the Neolithic period to Russian colonization. Three terrace levels formed at the end of the Late Pleistocene, have been identified. All archaeological sites are associated with the youngest and lowest terrace level and are located at the shores of oxbow lakes and on the surface of aeolian dunes, away from the active river channel. Four groups of floodplain generations formed during the Holocene, were identified.

Keywords: terraces, floodplain generations, archaeological sites, OSL dating, radiocarbon dating.

Введение и район работ. Древние люди были вынуждены приспосабливаться к изменениям окружающей среды. В связи с этим реконструкция природных условий, в которых обитали древние племена, их изменений во времени и механизмов адаптации к ним людей и их сообществ является одной из актуальных проблем как наук о Земле, так и наук о человеке. Разработка этого вопроса успешно ведётся разными научными коллективами [1; 6].

Наши исследования последних лет в этом направлении сфокусированы на реконструкции истории природной среды обитания древних сообществ, осваивавших речные

долины, где большинство стоянок и поселений расположены на террасах и в пойме рек [2; 3; 5]. Ключевым объектом данного исследования является регион Верхнего Прикамья (Пермское Предуралье), с целью реконструкции истории долины р. Вишеры – крупнейшего левого притока Верхней Камы – в нижнем течении, в контексте её освоения древним человеком.

Методы, результаты и обсуждение. В наших исследованиях (2023–2025) мы опирались на апробированную, в том числе, на других реках региона методику комплексного палеогеографического, в том числе – палеоруслового анализа, показавшего высокую эффективность при реконструкциях [4], в сочетании с радиоуглеродным и ОСЛ-датированием и одновременными археологическими раскопками. В итоге были выделены три террасовых уровня. Высокая терраса, высотой 12 м над урезом реки, сложена аллювием, накопившимся 16,5-14 тыс. лет назад, с эоловой «нашлёпкой» позднеледникового возраста. Средний террасовый уровень высотой 7–8 м над урезом сложен аллювием с многочисленными мерзлотными структурами, и формировался от 30 до 17 тыс. лет назад.

Нижний (4,5 м) и самый молодой уровень представляет собой так называемую нулевую террасу или пойменно-террасовую поверхность, которая формировалась в позднеледниковье – первой половине голоцена. Именно на этой поверхности расположены все исследованные археологические памятники. Они расположены по берегам старичных озёр (Глубокое озеро I-II, Ораловское озеро I-II) и эоловых дюн на поверхности прирусловых валов древних палеорусел (Хомутовское болото I-II, Урсинка I), чётко прослеживающихся на пойменно-террасовой поверхности и в настоящее время заболоченных. Стоянки Хомутовское болото I-II относятся к камской неолитической культуре и связаны с коротким эпизодом проживания одной группы населения, занимавшейся охотой и рыбной ловлей. Время существования памятников может быть отнесено ко второй половине VI тыс. до н.э. на основании ОСЛ-датирования культурного слоя стоянки Хомутовское болото II (7,5 тыс. л.н.). Результаты исследований памятника Глубокое озеро II свидетельствуют о существовании здесь кратковременной стоянки на рубеже II-I тыс. до н.э., что подтверждается и результатами ^{14}C датирования донных отложений старичного озера, на берегу которого располагалась стоянка.

Разновозрастные пойменные генерации в шпорах излучин первого порядка были объединены в группы. Наиболее древняя, IV группа пойменных генераций формировалась 10 – 6,9 кал. т.л.н. Для III группы генераций в шпорах более молодых излучин, в пределах которых отсутствуют старицы от ранее прорванных древних меандр, была получена ^{14}C дата 5,5 кал. т.л.н. II группа генераций и шпор излучин первого порядка, на крыльях которых еще не начали самостоятельно образовываться излучины второго порядка, формировалась 4,9 – 2,1 кал. т.л.н. Генерации наиболее молодых излучин (I), ландшафтная структура которых характеризовалась наличием ивовых зарослей, разнотравных лугов, широким распространением невысоких пойменных грив вдоль выпуклых берегов, формировались в течение последних 2 тысяч лет по настоящее время.

Выводы. Полученные палеогеоморфологические данные позволили выдвинуть гипотезу об особенностях выбора поселенческих стратегий древнего человека в долине нижней Вишеры. Результаты палинологического и карпологического анализов позволят в дальнейшем провести реконструкцию ландшафтных обстановок существования археологических памятников.

Коллектив авторов благодарит всех, принимавших участие в полевых археологических и палеогеографических исследованиях в нижнем течении р. Вишеры, а также местных жителей из села Данилов Луг. Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 23-68-10023, <https://rscf.ru/project/23-68-10023/>

Список литературы

1. Жилин М.Г., Савченко С.Н., Косинская Л.Л., Сериков Ю.Б., Александровский А.Л., Лаптева Е.Г., Корона О.М., Косинцев П.А. Мезолитические памятники Горбуновского торфяника. М.-СПб: Нестор-История, 2020. 368 с.
2. Демаков Д.А., Лычагина Е.Л., Зарецкая Н.Е., Копытов С.В., Чернов А.В., Лаптева Е.Г., Трофимова С.С., Косинцев П.А. Косинские мезолитические стоянки в контексте истории природной среды Верхнего Прикамья в позднеледниковье и раннем голоцене // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54. № 1. С. 74–89.
3. Зарецкая Н.Е., Лычагина Е.Л., Лаптева Е.Г., Трофимова С.С., Чернов А.В. Пойма Камы: реконструкция среды обитания древних и средневековых сообществ Среднего Предуралья // Российская Археология. 2020. № 1. С. 44–59.
4. Karmanov V.N., Chernov A.V., Zaretskaya N.E., Panin A.V., Volokitin A.V. Paleochannel studies in archaeology: the case of the Vychegda River, Northeastern European Russia // Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia. 2013. Vol. 41. P. 83–93.
5. Lapteva E.G., Zaretskaya N.E., Lychagina E.L., Trofimova S.S., Demakov D.A., Kopytov S.V., Chernov A.V. Holocene vegetation dynamics, river valley evolution and human settlement of the upper Kama valley, Ural region, Russia // Vegetation History and Archaeobotany. 2023. Vol. 32. P. 361–385.
6. Shumilovskikh L., Schmidt M., Pereskokov M., Sannikov P. Postglacial history of East European boreal forests in the mid-Kama region, pre-Urals, Russia // Boreas. 2020. Vol. 49. P. 526–543.

СУДЬБА ОРЛА ХААСТА: АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ И ВЫМИРАНИЕ В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ

Орёл Хааста (*Hieraaetus moorei*), крупнейший представитель отряда Accipitriformes, обитал на Южном острове Новой Зеландии до своего вымирания около 1400 года н.э. Его исчезновение связано с антропогенными изменениями экосистем, вызванными прибытием полинезийских поселенцев. Статья рассматривает роль человека в исчезновении орла Хааста через призму экологических изменений, включая сокращение численности мегафауны, конкуренцию за пищевые ресурсы и трансформацию местообитаний. На основе анализа морфологии и экологии орла, а также исторических данных о природопользовании в Новой Зеландии, делается вывод, что его вымирание стало следствием неспособности адаптироваться к быстрому сокращению крупных видов добычи, вызванному человеческой деятельностью.

Ключевые слова: орёл Хааста, антропогенные факторы, вымирание, мегафауна, природопользование, Новая Зеландия, экологические изменения

A.V. Zinoviev

Tver State University, Tver, Russia

zinovev.av@tversu.ru

THE FATE OF THE HAAST'S EAGLE: ANTHROPOGENIC FACTORS AND EXTINCTION IN THE CONTEXT OF THE HISTORY OF NATURE MANAGEMENT IN NEW ZEALAND

Haast's eagle (*Hieraaetus moorei*), the largest known species of the order Accipitriformes, inhabited New Zealand's South Island until its extinction around 1400 AD. Its disappearance is linked to anthropogenic ecosystem changes following the arrival of Polynesian settlers. This article explores the human role in the extinction of Haast's eagle through the lens of ecological transformations, including the decline of megafauna, competition for food resources, and habitat alteration. Based on the analysis of the eagle's morphology, ecology, and historical data on natural resource use in New Zealand, it is concluded that its extinction of Haast's eagle resulted from an inability to adapt to the rapid depletion of large prey species driven by human activities.

Keywords: Haast's eagle, anthropogenic factors, extinction, megafauna, natural resource use, New Zealand, ecological changes

Новая Зеландия до появления там человека представляла собой уникальную экосистему, лишённую наземных млекопитающих, за исключением летучих мышей. Вместо них нишу крупных травоядных занимали птицы, такие как моа (*Dinornithiformes*), на которых охотились крупные ястребиные, включая орла Хааста (*Hieraaetus moorei*). Этот вид, достигавший массы 15 кг, был одним из крупнейших активных пернатых хищников в истории [1]. Его вымирание около 1400 года н.э. совпало с первой волной антропогенных изменений, вызванных прибытием полинезийцев [2]. Вымирание орла Хааста было обусловлено рядом причин.

Во-первых, орёл Хааста был специализированным хищником, охотившимся на крупных наземных птиц. Анализ его скелетной морфологии и реконструкция мускулатуры задних конечностей показывают, что он обладал мощными когтями и мускулатурой, адаптированной для захвата и разделки крупных туш [3]. Например, *mm. iliotrochanterici* и *mm. rubroischiofemorales* были значительно увеличены, что обеспечивало возможность

разделки крупной добычи. Мощное развитие *m. flexor digitorum longus* и *m. flexor hallucis longus*, усиливают этот тезис. [3]. В сочетании с короткими и широкими крыльями, указывающими на способность к быстрому взлёту и манёврному полёту в лесных и кустарниковых ландшафтах Южного острова [1], эти признаки характеризуют орла Хааста как активного хищника, а не падальщика; вопреки предположению ряда авторов, которые обращают внимание на удлинённую носовую область черепа, указывающую на питание падалью, подобно грифам [4].

Во-вторых, прибытие полинезийцев в Новую Зеландию около 1280 года н.э. ознаменовало начало интенсивного природопользования. Полинезийцы охотились на моа и другие крупные виды птиц, что привело к их быстрому вымиранию в течение примерно 100–150 лет [2]. Исследования показывают, что численность моа сократилась из-за прямой охоты и уничтожения их местообитаний путём выжигания лесов для создания сельскохозяйственных угодий [5]. Сокращение численности мегафауны напрямую повлияло на орла Хааста, чья пищевая специализация делала его уязвимым к исчезновению основных видов добычи. Кроме того, конкуренция с человеком за оставшиеся пищевые ресурсы, вероятно, усилила давление на популяцию орлов. Полинезийцы не только охотились на моа, но и собирали яйца и птенцов других видов птиц, которые могли служить альтернативной добычей для орла [1]. Выжигание лесов сократило площади лесных и кустарниковых экосистем, где орёл Хааста охотился, ограничив его доступ к добыче и местам гнездования [5].

Рассматривая историю природопользования, можно отметить, что полинезийцы не имели намерения уничтожить экосистемы Новой Зеландии. Их действия были обусловлены необходимостью выживания в новых условиях. Однако отсутствие знаний об уязвимости островных экосистем привело к необратимым последствиям. Этот пример подчёркивает важность устойчивого природопользования и учёта экологических последствий человеческой деятельности.

Сравнение с другими регионами показывает, что антропогенное воздействие на мегафауну часто приводило к каскадным эффектам, затрагивающим хищников. Например, вымирание крупных млекопитающих в Австралии около 40 000 лет назад также сопровождалось исчезновением хищных видов, таких как сумчатый лев (*Thylacoleo carnifex*) [6]. В случае Новой Зеландии скорость этих изменений была особенно высокой из-за изолированности экосистемы и отсутствия предварительной адаптации фауны к присутствию человека.

Вымирание орла Хааста, таким образом, является ярким примером антропогенного воздействия на экосистемы. Его исчезновение было вызвано каскадом событий, начавшихся с охоты на моа и трансформации местообитаний полинезийскими поселенцами. Как топовый хищник, орёл Хааста оказался неспособным адаптироваться к быстрому сокращению мегафауны, что подчёркивает уязвимость специализированных видов перед антропогенными изменениями. Этот случай иллюстрирует, как история природопользования может служить уроком для современного управления экосистемами, подчёркивая необходимость сохранения биоразнообразия и устойчивого взаимодействия с природой.

Список литературы

1. Worthy T., Holdaway R. The Lost World of the Moa. Bloomington: Indiana University Press, 2002. 718 p.
2. Perry G., Wheeler A., Wood J., Wilmshurst J. A high-precision chronology for the rapid extinction of New Zealand moa // Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 105. P. 126–135.
3. Zinoviev A., Scofield P., Thomas D. Hindlimb myology and syndesmology of the Haast's eagle (Aves: Accipitriformes) with comparative and functional aspects // PlosOne. 2025.
4. McCulloch B. New Zealand eagle: Killer or carrion eater? // Christchurch Press. 1991. P. 13.

5. *Anderson A.* Prodigious birds: Moas and moa hunting in prehistoric New Zealand. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 238 p.
7. *Wroe S., Field J., Fullagar R., Jerriin L.* Megafaunal extinction in the late Quaternary and the global overkill hypothesis // *Alcheringa*. 2004. Vol. 28. P. 291–331.

И.С. Зюганова
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
iszyuganova@igras.ru

ГОЛОЦЕНОВЫЕ КАРПОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ БАСЕЙНА ПОДКАМЕННОЙ ТУНГУСКИ

Представлены результаты палеокарпологического анализа разреза «Обрыв Чамба», расположенного на территории Тунгусского заповедника (юго-восток Эвенкии, Средняя Сибирь). Выявлена последовательность локальных карпологических комплексов, отражающая изменения локальной водно-болотной растительности в конце среднего и на протяжении позднего голоцена.

Ключевые слова: голоцен, Тунгусский заповедник, палеокарпологический анализ

I.S. Zyuganova
Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
iszyuganova@igras.ru

HOLOCENE CARPOLOGICAL ASSEMBLAGES OF THE PODKAMENNAYA TUNGUSKA RIVER BASIN

This paper presents the results of paleocarpological analysis of the section "Obryv Chamba" located in the Tunguska Nature Reserve (southeast Evenkia, Central Siberia). A sequence of local carpological assemblages reflecting changes in wetland vegetation at the end of the Middle and during the Late Holocene is revealed.

Keywords: Holocene, Tunguska Nature Reserve, paleocarpological analysis

Данные палеокарпологического анализа имеют большое значение для реконструкции изменений растительности и климата голоцена с использованием палеоботанических методов. Применение карпологического анализа позволяет получать определения растительных остатков на видовом уровне, что существенно уточняет и расширяет состав ископаемой флоры, что, в свою очередь, повышает точность палеореконструкций.

Изменения растительности и климата Эвенкии в голоцене были реконструированы, главным образом, на основе палинологических данных [5; 9; 10]. Палеореконструкции по данным карпологического анализа были выполнены на основе материалов, полученных из серии разрезов, расположенных в центральной Эвенкии в бассейне р. Нижней Тунгуски [7; 10]. На юго-востоке Эвенкии, в бассейне р. Подкаменной Тунгуски, на данный момент известно очень небольшое число разрезов голоценовых отложений, исследованных палеокарпологическим методом [6], и получение новых материалов по этому региону является важной и актуальной задачей. В данной работе представлены первые результаты карпологического анализа разреза «Обрыв Чамба», находящегося на территории Тунгусского заповедника.

Район исследований расположен в области высокой континентальности климата. Растительный покров представлен, главным образом, лесами, а также заболоченными кустарниковыми сообществами и редколесьями, болотами, лугами, группировками щебнистых склонов и курумников, а также водной растительностью. Преобладают смешанные лиственнично-сосновые и березово-сосново-лиственничные древостой с хорошо выраженным кустарниковым ярусом и слабо развитым травянистым покровом [2]. Непосредственно на участке, где расположен исследованный разрез, в древостое преобладает ель, также встречаются береза, лиственница и пихта.

Изученные озерно-болотные отложения были вскрыты в обрыве первой надпойменной террасы на левом берегу р. Чамбы, правого притока Подкаменной Тунгуски. Полевые исследования проведены в 2024 г. специалистами Института Географии РАН, Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН и сотрудниками Тунгусского заповедника. Общая мощность изученных отложений составляет около 3 м. Нижняя часть разреза (глубина 230 – 280 см) представлена суглинками с растительными остатками. На глубине 22 – 230 см залегает торф средне- и слаборазложившийся. В самой верхней части толщи (0 – 22 см) увеличивается содержание терригенного материала (переслаивание торфа и суглинка, суглинок).

Образцы на палеокарпологический анализ были отобраны непрерывно из толщи суглинков и торфа, каждый образец соответствовал интервалу 10 см, объем составлял 500 – 600 см³. Всего было отобрано 28 образцов. Выделение растительных остатков из вмещающей породы проводилось по стандартной методике [8] путем промывки образцов на ситах с диаметром ячейки 0.25 мм. Выделенные макроостатки были изучены под стереомикроскопом Altami-SM; при этом особое внимание уделялось субфоссильным карпоидам (семена, плоды и их части). Также учитывалось наличие и некоторых других остатков, например, хвои и фрагментов веточек ели и укороченных побегов лиственницы.

В голоценовых отложениях разреза «Обрыв Чамба» карпологическим методом было выявлено более 40 таксонов высших растений, большинство из которых было определено на видовом уровне. В карпологических спектрах изученных образцов представлены остатки древесных пород и кустарников, болотных травянистых растений и кустарничков, прибрежных и водных травянистых растений. Большинство из них произрастают и ныне на территории Эвенкии и, в частности, в пределах Тунгусского заповедника.

Наибольшее содержание карпоидов в изученном разрезе наблюдается в образцах из толщи суглинков (глубина 230 – 280 см). Их карпологические спектры наиболее разнообразны по таксономическому и экологическому составу. В группе древесных пород преобладают орешки и плодовые чешуи березы (*Betula* sect. *Albae*). Количество орешков березы в отдельных образцах из этого интервала достигает нескольких сотен экземпляров; наиболее хорошо сохранившиеся из них были отнесены к виду береза пушистая (*B. pubescens*). Хвойные породы представлены семенами лиственницы (*Larix* sp.) и ели (*Picea obovata*). Следует отметить, что во всех образцах в небольших количествах присутствовала еловая хвоя, а на глубине 240 – 260 см были найдены шишки *P. obovata*. Остатки кустарников в карпологических спектрах образцов суглинков представлены немногочисленными орешками ольховника (*Duschekia fruticosa*).

В группе болотных и прибрежных растений преобладают орешки различных видов осоки (*Carex* sp. div.). Разнообразно представлены макроостатки водных растений. Определены эндокарпы нескольких видов рдестов: *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*, *P. praelongus*, *P. natans*, *P. cf. friesii*. В образцах из нижней части слоя в группе рдестов преобладают эндокарпы *P. perfoliatus*, а верхняя часть слоя характеризуется массовыми находками эндокарпов *P. natans* (более 100 экземпляров в каждом образце). Эдокарпы этого вида были найдены в раннеголоценовых отложениях в разрезе на р. Чуне, притоке Подкаменной Тунгуски [6]. Рдест плавающий (*P. natans*) отсутствует в современной флоре Тунгусского заповедника [2]; в Средней Сибири его основной ареал приурочен к южным районам [4]. Виды *P. praelongus* и *P. friesii* также не встречаются в современной растительности района исследований [2].

Также в группе водных растений были определены семена кубышки малой (*Nuphar pumila*) и кувшинки снежно-белой (*Nymphaea candida*). Отмечены плоды урути (*Myriophyllum* cf. *verticillatum*). Род *Myriophyllum* отсутствует в современной флоре заповедника [2]. Особый интерес представляют единичные находки макроостатков роголистника погруженного (*Ceratophyllum demersum*) и наяды гибкой (*Najas flexilis*), также отсутствующих в современной флоре Тунгусского заповедника. Основной ареал вида *C. demersum* в Средней Сибири приурочен к южным районам; вид *N. flexilis* на

территории Средней Сибири встречается в редких изолированных местонахождениях, расположенных значительно южнее района исследований [4].

Находки карпологических остатков перечисленных видов могут свидетельствовать о более мягких, по сравнению с современными, климатических условиях. Согласно результатам радиоуглеродного датирования, отложения суглинка в изученном разрезе сформировались в конце раннего голоцена, около 5000 календарных лет назад (кал. л. н.). По палинологическим данным, на территории Сибири в это время климат был более теплым и менее континентальным, чем в настоящее время [1; 3]. Экологический состав рассмотренного локального карпологического комплекса отражает условия мелководного старичного озера с богатой водной растительностью. По его заболоченным берегам произрастала *Betula pubescens*, на что указывает очень высокое содержание ее макроостатков в карпологических спектрах. На менее заболоченных участках в долине реки произрастали ель и лиственница.

Карпологические спектры образцов из нижней части торфа (190–230 см) сходны по составу с рассмотренными выше и содержат значительное количество макроостатков водных растений. Однако и разнообразие, и содержание карпоидов в целом заметно снижается в верхней части этого интервала. При этом возрастает роль макроостатков болотных растений, среди которых преобладают плоды осок, отличающиеся хорошей сохранностью и отнесенные к видам *Carex diandra*, *C. acuta*, *C. rostrata*. Все это свидетельствует о постепенном зарастании и заболачивании водоема.

Далее вверх по разрезу содержание и разнообразие карпологических остатков продолжает снижаться. Согласно результатам радиоуглеродного датирования, возраст торфа на глубине 180 см составляет около 3500 кал. л. н. В карпологическом спектре образца с этой глубины преобладают плоды болотных травянистых растений: различных видов осок, сабельника болотного (*Comarum palustre*) и вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*). Карпоиды древесных пород представлены орешками березы, а также единичными семенами хвойных (ель, лиственница, пихта). Также встречаются орешки ольховника. На глубине 130 – 140 см обнаружена древесина и целая шишка лиственницы (*Larix sibirica*). По результатам радиоуглеродного датирования, возраст торфа на этом уровне составляет 2300–2400 кал. л. н. В целом, карпологические спектры образцов из толщи торфа среднеразложившегося (глубина 50 – 190 см) однообразны по таксономическому и экологическому составу, и их можно объединить в один локальный карпологический комплекс, отражающий болотные условия осадконакопления. И только в верхней части разреза, представленной суглинками и оглиненным торфом слаборазложившимся, содержание карпоидов увеличивается. Хотя в составе карпологических спектров по-прежнему преобладают орешки разных видов осок, вновь появляются остатки водных и прибрежных растений-гидрофитов (*Potamogeton perfoliatus*, *P. lucens*, *Sparganium simplex*, *Hippuris vulgaris*). Древесные породы представлены орешками березы и немногочисленными семенами ели и лиственницы. Экологический состав карпоидов отражает условия мелкого, заболоченного водоема. По данным радиоуглеродного датирования возраст торфянистых отложений, вскрытых на глубине 20 см, составляет около 700 кал. л. н.

Локальные карпологические комплексы, выделенные в разрезе «Обрыв Чамба» формировались в конце среднего и на протяжении позднего голоцена и отражают, главным образом, водную и прибрежную растительность неглубокого старичного водоема и его окрестностей. Изменения в составе выделенных карпологических комплексов вызваны, в первую очередь, процессами зарастания и заболачивания этого водоема. Об изменениях климата на основе одних лишь карпологических данных судить трудно, для этого требуется их сопоставление с результатами спорово-пыльцевого и ботанического анализов торфа, что является задачей дальнейших исследований. Тем не менее, видовой состав группы водных растений, выявленной в образцах из отложений в нижней части разреза, которые сформировались около 5000 кал. л. н. свидетельствует о более мягких, по сравнению с современными, климатических условиях на изучаемой территории.

Список литературы

1. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Известия РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20.
2. Васильев Ю.А., Львов Г.Ф., Плеханов Л.Н. и др. Государственный природный заповедник «Тунгусский» (очерк основных данных) / Тунгусский заповедник. Биоценозы северной тайги и влияние на них экстремальных природных факторов. Труды ГПЗ «Тунгусский». Вып. 1. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. 294 с.
3. Волкова В.С., Кулькова И.А. Климатические оптимумы в кайнозой Западной Сибири (по палинологическим данным) // Стратиграфия и геол. корреляция. 1994. Т. 2. № 1. С. 108–112.
4. Дудов С. В., Серегин А. П. Атлас флоры России [Электронный ресурс]. М.: МГУ, 2025. URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения 25.08.2025).
5. Кольцова В.Г. История среднетаежных лиственничников юга Эвенкии в голоцене // Палеоботанические исследования в лесах Северной Азии. Новосибирск: Наука, 1981. С. 44–62.
6. Кошкарлов А.Д., Кошкарлова В.Л. Многовековая динамика биоразнообразия лесных экосистем юго-восточной части Эвенкии // Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски: материалы Всеросс. конф. с международным участием. Красноярск, 26–31 августа 2019 г. Красноярск: Институт леса СО РАН, 2019. С. 206–208.
7. Кошкарлов А.Д., Кошкарлова В.Л. Эколого-географические особенности формирования лесных формаций в среднем течении Нижней Тунгуски в послеледниковое время // Успехи современного естествознания. 2021. № 2. С. 100–106. <https://doi.org/10.17513/use.37581>
8. Никитин В.П. Палеокарпологический метод. Томск: Изд. ТГУ, 1969. 82 с.
9. Пьявченко Н.И., Толейко Л.С. Послеледниковая история лесов в бассейне р. Подкаменной Тунгуски по данным палинологического анализа // Лесоведение. 1967. № 1. С. 20–27.
10. Koshkarova V.L., Koshkarov A.D. Paleoecology and dynamics of forest ecosystems in Central Evenkia during the past 2400 years // Russ. J. Ecol. 2005. Vol. 36. P. 1–7. <https://doi.org/10.1007/s11184-005-0001-66>
11. Rogozin D., Nazarova L., Rudaya N., Frolova A., Syrykh L., Bolobanshchikova G., Palagushkina O., Darin A., Meydus A. Tracking Late Holocene climate change and the 1908 Tunguska impact event from lake sediments in Central Siberia // Quaternary Research. 2025. Vol. 12. P. 1–19. <https://doi.org/10.1017/qua.2024.35>

ГРОТ УСТЬ-ДЕМИД – НОВОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВОЙ ФАУНЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПОДТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ ЗАПАДНОГО СКЛОНА СРЕДНЕГО УРАЛА

В статье представлены новые данные по фауне млекопитающих позднего голоцена из грота Усть-Демид, расположенного в устье р. Демид недалеко от места впадения в р. Сергу (Нижнесергинский р-н, Свердловская обл.). В окрестностях грота растительность представлена сосновыми и смешанными лесами, сенокосными лугами, разнообразными околотовыми биотопами. Обнаружены костные остатки 5 отрядов млекопитающих: насекомоядные (Eulipotyphla), рукокрылые (Chiroptera), зайцеобразные (Lagomorpha), грызуны (Rodentia) и хищные (Carnivora). По количеству остатков преобладают грызуны. Общий список млекопитающих (22 вида) практически полностью соответствует современной зональной фауне южной тайги и подтаежных лесов Среднего Урала.

Ключевые слова: Усть-Демид, поздний голоцен, млекопитающие, подтаежные леса, Средний Урал

E.P. Izvarin¹, N.G. Smirnov¹, Yu.E. Kropacheva¹, A.I. Ulitko¹, M.Yu. Shershnev², A.V. Khlopotova²

¹Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia

²FSBI «Visimskiy State Natural Biosphere Reserve», Kirovgrad, Russia

izvarin1982@mail.ru, izvarin_ep@ipae.uran.ru

UST-DEMID GROTTO IS A NEW LOCATION OF THE LATE HOLOCENE MAMMALIAN FAUNA OF THE SUBTAIGA FORESTS OF THE WESTERN SLOPE OF THE MIDDLE URALS

The article presents new data on the Late Holocene mammalian fauna from the Ust-Demid Grotto, located at the mouth of the Demid River near the confluence with the Serga River (Nizhneserginsky district, Sverdlovsk region). In the vicinity of the grotto, vegetation is represented by pine and mixed forests, hay meadows, and various near-water biotopes. Bone remains of 5 mammal orders were found: insectivores (Eulipotyphla), bats (Chiroptera), hares (Lagomorpha), rodents (Rodentia), and carnivores (Carnivora). Rodents predominate in terms of the number of remains. The general list of mammals (22 species) almost completely corresponds to the recent zonal fauna of the southern taiga and the subtaiga forests of the Middle Urals.

Keywords: Ust-Demid, Late Holocene, mammals, subtaiga forests, Middle Urals

История фауны млекопитающих подтаежных лесов западного склона Среднего Урала представлена в основном палеонтологическими находками из позднеплейстоценовых и голоценовых местонахождений, расположенных в долине р. Серга [8; 10; 14; 16]. В данной статье представлены новые данные по фауне млекопитающих позднего голоцена из грота Усть-Демид, расположенного на берегу Михайловского пруда в устье р. Демид недалеко от места впадения в р. Сергу. Грот Усть-Демид находится в 1,5 км северо-западнее села Аракаево (Нижне-Сергинский р-н, Свердловская обл.). В окрестностях грота растительность высокого берега представлена сосновыми и смешанными лесами и сенокосными лугами.

Ширина поймы на противоположной стороне от скального берега составляет более километра, что обуславливает обилие околородных биотопов [11].

Грот расположен в известняковой скале на высоте около 40 м от уровня пруда. Входная часть грота Усть-Демид ориентирована на запад. Его ширина по капельной линии составляет 5,5 м, длина 4 м, высота в средней части около 4 м. Пол грота имеет треугольную форму с узким лазом во внутреннюю часть. Поверхность его горизонтальная, несколько приподнята к северной стенке. Поверхность пола сложена мелким и средним известняковым щебнем. Там же обнаружены костные остатки позвоночных животных, главным образом мелких млекопитающих, накопленные в результате жизнедеятельности филина [11]. Отложения на поверхности грота представлены слабогумусированной серо-коричневой супесью. Раскопки проведены в 2020 году под руководством А.И. Улитко. В центральной части грота в 2 м от капельной линии был заложен шурф площадью 1x1 м. Отложения сняты до дна на глубине 0,6 м, просеяны и из них выбраны костные остатки. Представленный в статье палеозоологический материал взят из верхней части отложений в пределах 0,1 м от поверхности. Определение остатков насекомых (Eulipotyphla) выполнено Е.П. Извариным по методикам М.В. Зайцева [17] и Т.В. Фадеевой [13]; кости зайцеобразных (Lagomorpha) и хищных (Carnivora) определены А.И. Улитко; определение грызунов (Rodentia) выполнено Ю.Э. Кропачевой и Н.Г. Смирновым по стандартным методикам [2; 3].

Определены остатки 22 видов млекопитающих, среди которых большая часть принадлежит грызунам (табл. 1). Общий список млекопитающих практически полностью соответствует современной зональной фауне южной тайги и подтаежных лесов Среднего Урала [1].

Таблица 1. Фауна млекопитающих позднего голоцена из отложений грота Усть-Демид (MNI – минимальное число особей)

Горизонт	0	1	2	3	4	5	6	7	0-7	
Таксон	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI, %
Eulipotyphla										
<i>Talpa europea</i>	0	1	2	1	1	0	0	1	2	1,0
<i>Neomys fodiens</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0,5
<i>Sorex araneus</i>	1	0	1	2	0	1	1	4	6	2,9
<i>S. caecutiens</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1,0
<i>S. minutus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,5
<i>S. isodon</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,5
<i>Sorex sp.</i>	0	0	0	1	1	2	1	3	7	3,4
Chiroptera										
Chiroptera indet.	3	1	4	0	4	2	7	9	26	12,6
Lagomorpha										
<i>Lepus timidus</i>	1	1	1	1	0	0	1	1	2	1,0
Rodentia										
<i>Pteromys volans</i>	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0,5
<i>Sciurus vulgaris</i>	0	1	0	1	1	1	1	1	3	1,5
<i>Sicista betulina</i>	0	0	1	0	0	1	1	1	2	1,0
<i>Apodemus uralensis</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	3	1,5
<i>Mus musculus</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0,5
<i>Cricetus cricetus</i>	1	0	0	1	2	1	2	2	7	3,4
<i>Craseomys rufocanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,5
<i>Clethrionomys glareolus</i>	2	0	0	1	1	1	0	3	5	2,4
<i>Cl. rutilus</i>	0	1	1	1	3	2	2	5	9	4,4

Горизонт	0	1	2	3	4	5	6	7	0-7	
Таксон	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI	MNI, %
<i>Arvicola terrestris</i>	5	8	5	10	10	8	8	16	57	27,7
<i>Alexandromys oeconomicus</i>	1	2	0	0	2	2	0	1	7	3,4
<i>Microtus agrestis</i>	1	1	3	1	3	2	3	4	14	6,8
<i>M. arvalis</i> s.l.	2	9	4	6	10	4	5	14	43	20,9
Carnivora										
<i>Mustela nivalis</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1,5
<i>Mustela erminea</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,5
<i>Mustelidae</i> indet.	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0,5
Σ MNI	18	26	23	27	42	30	37	70	206	100,0

Фауна насекомоядных представлена лесными (обыкновенный крот, обыкновенная бурозубка, равнозубая бурозубка), околородными (обыкновенная кутора) и эвритопными видами (средняя бурозубка, малая бурозубка). Наиболее многочисленным видом является обыкновенная бурозубка. В целом в структуре ископаемого сообщества доля насекомоядных невелика (9,7%). Грызуны в данном сообществе являются наиболее многочисленной группой (74,3%) и представлены преимущественно лесными видами (летяга, обыкновенная белка, лесная мышовка, малая лесная мышь, красно-серая полевка, рыжая полевка, красная полевка, темная полевка) и видами травянистых околородных и луговых местообитаний (водяная полевка, эконома, обыкновенный хомяк, обыкновенная полевка). Присутствует синантропный вид – домовая мышь. Среди грызунов многочисленны водяная полевка и обыкновенная полевка, доли которых резко преобладают над остальными видами. Остатки крупных млекопитающих немногочисленны (3,4%) и представлены зайцем-беляком и мелкими кунными (ласка, горностаи).

Видовой состав млекопитающих представлен в основном обитателями лесов, что указывает на лесной облик данного сообщества. Однако самыми многочисленными здесь являются виды открытых травянистых местообитаний (водяная полевка, обыкновенная полевка, эконома, обыкновенный хомяк), что характерно для пищевых спектров филина, который предпочитает добывать наиболее многочисленных и/или крупных зверьков на открытых участках ландшафта [4; 12]. В целом видовой состав и структура сообщества млекопитающих из грота Усть-Демид соответствует таковым из позднеголоценовых местонахождений Среднего Урала и Предуралья, где агентом накопления также являлся филин [5-7; 9; 10; 15]. Наличие синантропного вида – домовой мыши – указывает на относительно молодой возраст отложений, не старше 200-300 лет.

Работа выполнена в рамках темы № 122021000095-0 государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН.

Список литературы

1. Большаков В.Н., Бердюгин К.И., Кузнецова И.А. Млекопитающие Среднего Урала: справочник-определитель. Екатеринбург: Сократ, 2006. 224 с.
2. Бородин А.В. Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири (поздний плейстоцен – современность). Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 100 с.
3. Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб.: ЗИН, 1995. 522 с.
4. Громов И.М., Парфенова Н.М. Новые материалы по питанию филина (*Bubo bubo* L.) в полупустынях Северного Прикаспия // Зоологический журнал. 1950. Т. 29. № 5. С. 389–396.

5. *Изварин Е.П.* Грот Нижнеиргинский – новое местонахождение голоценовых остатков мелких млекопитающих в Красноуфимской островной лесостепи // Динамика современных экосистем в голоцене: материалы Второй Всероссийской науч. конф. Екатеринбург, Челябинск: Рифей, 2010. С. 91–94.
6. *Изварин Е.П., Садыкова Н.О.* Мелкие млекопитающие (Eulipotyphla, Rodentia) позднего голоцена из отложений скального навеса Смотровой (р. Серга, Средний Урал) // Экология: факты, гипотезы, модели: материалы конф. молодых ученых памяти Н.В. Глотова. Екатеринбург: Реэкшн, 2018. С. 47–54.
7. *Изварин Е.П., Улитко А.И.* Голоценовые млекопитающие из местонахождения Усть-Лог 5 (Средний Урал) // Фауна Урала и Сибири. 2016. № 1. С. 164–176.
8. *Садыкова Н.О.* Изучение динамики сообществ грызунов на основе субфоссильного материала (на примере серии зоогенных скоплений в таежных районах Северного и Среднего Урала): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2011. 20 с.
9. *Садыкова Н.О.* Сообщество млекопитающих долины р. Серги в позднем голоцене // Экология в меняющемся мире: матер. конф. молодых ученых. Екатеринбург: Академкнига, 2006. С. 208–210.
10. *Смирнов Н.Г.* Мелкие млекопитающие Среднего Урала в позднем плейстоцене и голоцене. Екатеринбург: Наука, 1993. 64 с.
11. *Смирнов Н.Г., Кропачева Ю.Э., Шершнев М.Ю., Хлопотова А.В., Улитко А.И.* Млекопитающие в районе филина из отложений двух карстовых полостей в устье р. Демид // Совы палеарктики: Изучение и охрана: материалы 9 Междунар. конф. Ростов-на-Дону–Таганрог, 2024. С. 132–135.
12. *Шепель А.И.* Хищные птицы и совы Пермского Прикамья. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992. 296 с.
13. *Fadeeva T.* Insectivorous mammals (Lipotyphla, Soricidae) of the Perm Pre-Ural in the Late Pleistocene and Holocene time // Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 156–170. <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.074>
14. *Izvarin E., Ulitko A., Panina S., Zazovskaya E., Nekrasov A.* Voronin Grotto (Middle Urals, Russia): Analysis of vertebrate assemblage with taphonomic remarks and reconstruction of the Late Bronze Age and Early Iron Age human environment in the east end of Europe based on small mammals // Quaternary International. 2022. Vol. 632. P. 178–191. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.02.031>
15. *Izvarin E.P., Ulitko A.I., Nekrasov A.E.* Palaeontological description of Nizhneirginsky Grotto Upper Holocene sediments (Ufa Plateau, Fore-Urals) with taphonomic and palaeoenvironmental remarks based on bird and small-mammal assemblages // Quaternary International. 2020. Vol. 546. P. 160–169. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.11.043>
16. *Korkina I.N., Smirnov N.G., Izvarin E.P., Ulitko A.I.* Deposits of the rock shelter Svetly (the Middle Urals): Comparison of paleosol and paleotheriological data and paleoenvironmental reconstructions based on them // Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.081>
17. *Zaitsev M.* Late Anthropogene Insectivora from the South Urals with a Special Reference to Diagnostics of Red-Toothed Shrews of the Genus *Sorex* // Illinois State Museum Scientific Papers. 1998. Vol. 27. P. 145–158.

ВЕРНЕТСЯ ЛИ ДУБ ЧЕРЕШЧАТЫЙ (QUERCUS ROBUR L.) В ЗАПАДНУЮ СИБИРЬ?

Представлены результаты многолетних мониторинговых наблюдений за плодоношением и естественным возобновлением дуба черешчатого в лесных культурах под Тюменью. Показано, что современные климатические условия на юге Западной Сибири благоприятны для этого вида, который успешно проходит здесь все стадии развития. Искусственные посадки дуба черешчатого, являясь источником семенного материала, могут способствовать процессу его продвижению в естественные сообщества, на некогда утраченные позиции.

Ключевые слова: Западная Сибирь, климатические изменения, дуб черешчатый, плодоношение, естественное возобновление

M.N. Kazantseva

Institute of North Development Problems, Tyumen Scientific Center, SB RAS, Tyumen, Russia

NMKazantseva@yandex.ru

WILL THE COMMON OAK (QUERCUS ROBUR L.) RETURN TO WESTERN SIBERIA?

The article presents the results of long-term monitoring studies of fruiting and natural regeneration of common oak in forest plantations near Tyumen. It has been shown that modern climatic conditions in the south of Western Siberia are favorable for this species, which successfully passes all stages of development here. Artificial plantings of common oak, being a source of seed material, can facilitate the process of its advancement into natural communities, to once lost positions.

Keywords: Western Siberia, climate change, common oak, fruiting, natural regeneration

Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) – вид древесных растений семейства буковых (Fagaceae), входящий в состав широколиственных лесов умеренной зоны. На территории Западной Сибири естественные насаждения дуба в настоящее время не встречаются. Но так было не всегда. В прежние исторические эпохи в периоды потеплений хвойно-широколиственные леса с участием дуба были широко распространены на просторах Сибири. Согласно палинологическим данным, в голоцене происходило несколько экспансий дуба в Западную Сибирь. Самое большое количество его пыльцы обнаруживается в слоях периода максимального (Атлантического) потепления. В последний раз пыльца дуба была отмечена 900 лет назад в нижнем течении р. Иртыш ниже Тобольска; с тех пор в Западной Сибири присутствие дуба не подтверждалось [2; 4; 9]. В наши дни восточной границей естественного распространения дуба черешчатого является Уральский хребет. Самая восточная точка – Поташкинская дубовая роща находится в 180 км к юго-западу от Екатеринбурга.

Современное потепление климата определяет формирование в южной части Западной Сибири условий благоприятных для роста и развития термофильных широколиственных видов деревьев [6; 7; 11]. Зимы становятся более мягкими, сокращаются периоды экстремально низких температур. Практика показывает, что дуб в озеленении городов и лесных культурах на юге Тюменской области хорошо перезимовывает и дает ежегодные урожаи желудей [1]. Таким образом, имеются условия для его возвращения в Западную Сибирь на ранее утраченные позиции. Однако для продвижения древесных растений на новые территории требуется длительный период времени. Для дуба это особенно очевидно, т.к. тяжелые желуди не могут самостоятельно распространяться на большие расстояния.

Основным распространителем желудей являются птицы, которые способны переносить желуди на расстояние до нескольких километров. По литературным данным средняя скорость расселения дуба составляет 205-280 м в год. Возможный сдвиг естественных границ ареала к концу XXI века – 25–30 км. [4].

В наше время не последнюю роль в расселении древесных растений стала играть случайная и целенаправленная интродукция их человеком. Дуб широко используется в озеленении городов, расположенных за пределом его естественного распространения. Так, расширение границ ареала дуба черешчатого на север Европейской части России во многом обусловлено человеческой деятельностью; культурные посадки дуба служат источником семян для его продвижения и закрепления за пределами северной границы ареала [8].

Целью данной работы является оценка способности дуба черешчатого к естественному восстановлению на юге Западной Сибири.

В статье приводятся данные 15-летних наблюдений за плодоношением дуба и ростом его самосева в лесопарковой зоне на северо-западе г. Тюмени. Эта территория находится в пределах природной подзоны мелколиственных лесов (подтайги) Западно-Сибирской равнины. Здесь имеются плодоносящие культуры дуба черешчатого, созданные в 1955 году посевом желудей из южных районов Челябинской области. Оценку плодоношения дуба в культурах проводили посредством ежегодного учета желудей на 25 постоянных учетных площадках размером 1х1 м. во второй половине сентября. Учет подроста осуществлялся маршрутным методом с использованием существующей дорожно-тропиночной сети лесопарковой зоны. Длина маршрута – 1200 м. Возраст растений определяли по рубцам от верхушечной почки осевого побега. Для характеристики погодных особенностей вегетационного сезона в районе г. Тюмени использовали среднелетние значения температуры воздуха и суммы осадков (среднее за 3 летних месяца + май), полученные с сайта «Погода и климат» [10].

Наблюдения показали, что урожай желудей дуба в культурах значительно колеблется по годам (рис. 1). Годы обильного плодоношения обычно совпадают с теплой засушливой погодой в период вегетации, что является благоприятным для цветения, перекрестного опыления растений и вызревания плодов. Большое количество осадков в летний период приводит к снижению урожая.

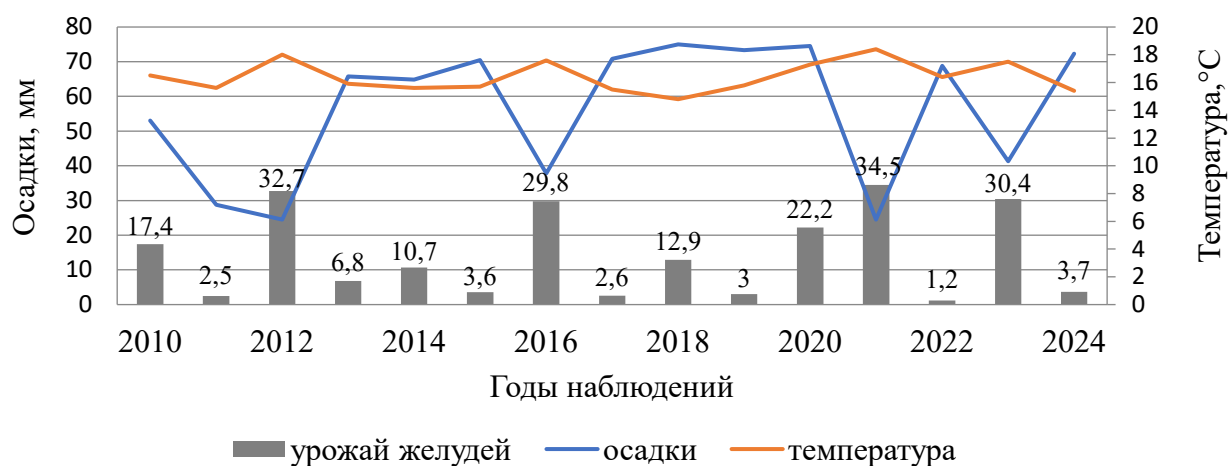


Рис. 1. Урожай желудей дуба черешчатого (*Quercus robur*) (шт./м²) в зависимости от среднелетней температуры воздуха и суммы летних осадков

Существует статистически достоверная положительная корреляционная связь между урожаем желудей и температурой воздуха в летний период ($r = 0,87 \pm 0,27$, при $P < 0,05$) и отрицательная – между урожаем и суммой летних осадков ($r = -0,75 \pm 0,17$, при $P < 0,01$). Коэффициент детерминации (r^2) равен в первом случае 0,76, во втором – 0,56.

Средние размеры и масса желудей соответствуют таковым для других регионов России [3]. Значение средней многолетней длины желудя составляет $2,5 \pm 0,07$ см, диаметра – $1,4 \pm 0,04$ см, массы – $3,0 \pm 0,24$ г. Изменчивость размерных показателей по годам низкая; коэффициент вариации (*CV*) длины желудя равен 10,3 %, диаметра – 9,5 %. Наиболее вариабелен показатель массы, 29,4 %. В годы хорошего урожая размеры и масса желудей выше, что соответствует их лучшему качеству [5].

Хорошие показатели плодоношения еще не означают успешного закрепления и продвижения дуба на новых территориях. Большое значение имеют также: всхожесть желудей, выживаемость семян и формирование жизнеспособного подроста. В лесопарковой зоне г. Тюмени жёлуди хорошо прорастают. Под кронами материнских деревьев плотность самосева дуба достигает – 6,8 шт. / кв. м., средняя высота растений – 16,9 см. Но продолжительность жизни семян невелика. Резкое снижение выживаемости приходится на 2-3 год жизни всходов; это связано с высокой конкуренцией между ними и сильным затенением кронами взрослых растений. Около 60 % подроста, достигшего более значительного возраста, приурочено к открытым, освещаемым местообитаниям – опушкам, рединам и прогалинам в лесном массиве. Диапазон высот подроста по результатам учетов в таких местах варьирует от 5 см до 4,5 метров, но большую часть составляют растения до 60 см высотой (табл. 1).

Таблица 1. Распределение подроста дуба по высотным группам и по категориям состояния, %

Категория	Высотные группы подроста, см					
	До 20 (n=110)	21-40 (n=125)	41-60 (n=45)	61-80 (n=19)	81-100 (n=18)	Более 100 (n=22)
уд.	77,2	78,4	84,4	52,6	94,4	81,8
неуд.	22,8	21,6	22,2	47,44	5,9	18,2

Примечание: n – количество учтенных экземпляров.

Большая часть дубового подроста находится в удовлетворительном состоянии, но около 20 % имеет повреждения осевого побега, вероятно в результате поздне-весенних заморозков, к которым дуб очень восприимчив. У некоторых экземпляров верхушка подмерзала неоднократно и каждый раз происходило замещение осевого побега боковым. Максимальная доля поврежденных экземпляров отмечена в высотной группе 61-80 см, что связано, по-видимому, с выходом этих растений за пределы высоты снежного покрова, который спасает большинство более мелких растений от подмерзания. Максимальный зарегистрированный возраст самосева дуба составил 26-29 лет (единичные экземпляры), в то время как плодоношение деревьев в культурах по нашим наблюдениям началось не менее 40 лет назад. Очевидно, первые генерации дубового подроста почти полностью погибали под действием низких зимних температур и весенних заморозков.

Ход роста дубового подроста в высоту в представленном возрастном диапазоне хорошо описывается уравнением экспоненциального типа (рис. 2).

В первые годы дубки прирастают в среднем на 10 см в год. Высоты в 1 метр они достигают к 9-летнему возрасту. В дальнейшем темпы роста существенно увеличиваются. Так, 15-летний экземпляр имел высоту более 3,5 метров.

Наши исследования показали, что, дуб черешчатый в зеленой зоне г. Тюмени дает ежегодные урожаи желудей, которые имеют хорошую всхожесть. Выживание и постепенное накопление в лесах зеленой зоны Тюмени подроста дуба свидетельствуют о том, что современные климатические условия в подзоне мелколиственных лесов Западной Сибири (подтайге) благоприятны для его естественного возобновления, роста и развития. В последние годы нами стали отмечаться единичные дикорастущие особи дубового подроста высотой 50-100 см в составе естественных лесных сообществ на расстоянии от 1 до 10 км от Тюмени.

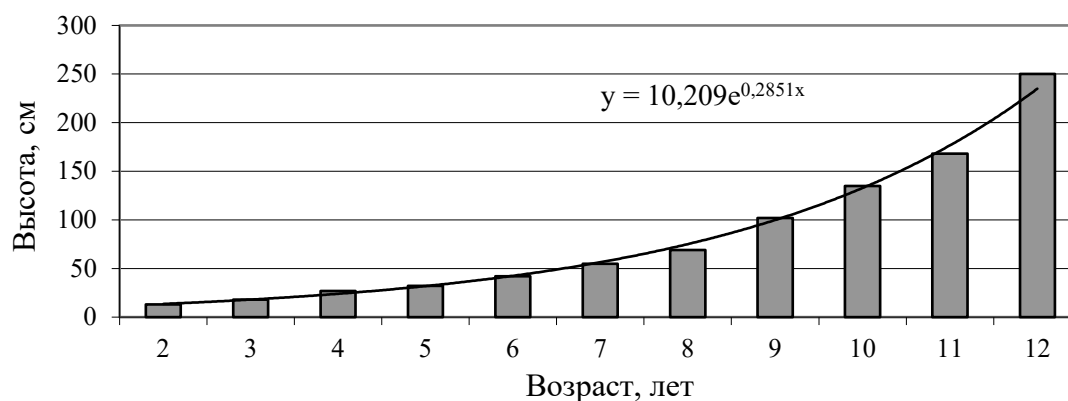


Рис. 2. Динамика роста в высоту дубового подростка в зеленой зоне Тюмени

Таким образом, в современных условиях дуб черешчатый имеет хороший шанс вернуться на территорию Западной Сибири. Человек способствует этому процессу за счет создания рукотворных дубовых насаждений – источников семенного материала.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ FWRZ-2021-0006).

Список литературы

1. Видякина, А.А., Семенова М.В. Сезонное развитие аборигенных и интродуцентных видов древесных растений г. Тюмени // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2010. Т. 10. С. 95–100.
2. Волкова В.С., Климанов В.А. Палинология и климат Западной Сибири в главные термические оптимумы голоцена (8500, 5500, 3500 лет назад) // Микрофитофоссилии и стратиграфия мезозоя и кайнозоя Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. С. 9–99.
3. Заборовский Е.П. Плоды и семена древесных и кустарниковых пород. М.: Гослесбумиздат, 1962. 303 с.
4. История развития ландшафтов в четвертичном периоде: практикум. Томск: Издательский Дом Томского государственного ун-та, 2019. 46 с.
5. Казанцева М.Н. Мониторинговые наблюдения за плодоношением дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Затюменском лесопарке г. Тюмени // Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов: материалы международной научно-практической конференции. Тюмень, 2020. С. 40–42.
6. Казанцева М.Н., Казанцев П.А. Плодоношение дуба черешчатого под Тюменью в контексте климатических изменений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 3-2. С. 327.
7. Казанцева М.Н., Арефьев С.П., Гашев С.Н., Левых А.Ю. Мониторинг биоразнообразия и состояния леса в 2001-2021 гг. на подтаежном биогеоценотическом полигоне «Кучак» (Тюменская область) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2(115). С. 39–56.
8. Комиссарова М.Г. О стихийно меняющемся ареале дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) // Вестник Северного (Арктического) Федерального ун-та. Серия: естественные науки. 2013. № 3. С. 56–58.
9. Лапшина Е.Д. Флора болот юго-востока западной Сибири. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2003. 296 с.
10. Погода и климат [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 10.07.2025).

11. Чижов Б.Е., Глухарева М.В., Бобров Д.И. Стратегия интродукции дуба черешчатого в Западной Сибири с учетом его экотопического ареала // Вестник Алтайского государственного аграрного ун-та. 2013. № 10(108). С. 063–068.

Л.В. Карпенко

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

karp@ksc.krasn.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ СУКЦЕССИЙ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ

Реконструирована динамика сукцессий древесной растительности и флуктуаций климата на междуречье Сым-Дубчес (средняя тайга, Красноярский край) за последние 9 500 лет. Установлены эдификаторы древесной растительности по периодам голоцена, восстановлен температурный режим и годовое количество осадков. Реконструированные тренды потеплений и похолоданий климата имеют региональную специфику.

Ключевые слова: голоцен, реконструкция, спорово-пыльцевой анализ, сукцессии древесной растительности, климатические флуктуации

L.V. Karpenko

Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch V.N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Science, Siberian Branch,

Krasnoyarsk, Russia

karp@ksc.krasn.ru

RECONSTRUCTION OF SUCCESSIONS OF WOODY VEGETATION AND CLIMATE IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF YENISEI SIBERIA IN THE HOLOCENE

The dynamics of successions of woody vegetation and climate fluctuations in the Sym-Dubches interfluvium (middle taiga, Krasnoyarsk Territory) over the past 9000 years have been reconstructed. Edificators of tree vegetation for the Holocene periods were established, the temperature regime and annual precipitation were restored. The reconstructed trends of climate warming and cooling have regional specifics.

Keywords: Holocene, reconstruction, spore-pollen analysis, successions of woody vegetation, climatic fluctuations

Для выявления региональной специфики сукцессий растительности суходолов в подзоне средней тайги Приенисейской Сибири в голоцене, а также реконструкции его климатической обстановки было заложено семь торфяных разрезов мощностью от 1,5 до 4,5 м. Разрезы охарактеризованы 35 радиоуглеродными датировками. Географические координаты исследований – 60°30' – 60°20' с. ш. и 89°30' – 90°0' в. д. (таблица).

Подготовка образцов торфа к спорово-пыльцевому анализу выполнялась по методу В. П. Гричука и Е. Д. Заклинской с применением щелочного метода Поста и ацетолизного метода Эрдмана [7]. Спорово-пыльцевой анализ торфяных отложений выполнен в лаборатории лесного болотоведения Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. При выделении периодов голоцена придерживались модифицированной схемы периодизации позднеледниковья–голоцена Блитта-Сернандера для территории Северной Евразии, разработанной Н.А. Хотинским [8]. Реконструкция палеоклимата голоцена на основе результатов палинологического изучения голоценовых отложений торфяников для междуречья Сым-Дубчес выполнена по методике Г. Ф. Букреевой и др. [2].

Территория исследований относится к Сым-Дубческому среднетаежному кедрово-сосновому району, который включает в себя Приенисейскую окраину Западной Сибири в бассейне рр. Сыма и Дубчеса. Она представляет собой приледниковую, слабо волнистую зандровую равнину, сформировавшуюся в результате стока ледниковых вод. Рельеф

поверхности уплощенный, с формами неправильных очертаний. Почвообразующими породами являются разнорезнистые пески с гравием, галькой, иногда маломощными прослойками супесей и суглинков.

Таблица 1. Краткая характеристика торфяных разрезов

Условное название разреза, местонахождение	Широта, долгота	Тип фитоценоза	Мощность торфяной залежи, см	Возраст придонного слоя торфа, л. н.
«Хойба», долина р. Хойба	60°20 ¹ с. ш. 89°30 ¹ в. д.	Грядово-мочажинно-озерный комплекс	400	9025 ± 180
«Лебединое–1» «Лебединое–2», озеро Лебединое	60°30 ¹ с. ш. 86°40 ¹ в. д.	Грядово-мочажинно-озерный комплекс	420	8765 ± 120
		Кустарничково-сфагновое переходное болото	325	8200 ± 240
«Никулино–1» «Никулино–2», 10 км на север от с. Никулино	60°30 ¹ с. ш. 86°40 ¹ в. д.	Грядово-мочажинно-озерный комплекс	375	6780 ± 100
		Кустарничково-сфагновое переходное болото	350	6720 ± 40
«Мочажина» «Бугор», 3 км на север от с. Кривляк	60°20 ¹ с. ш. 90° 0 ¹ в. д.	Грядово-мочажинный комплекс	225	6795 ± 65
		Евтрофный березняк мелкотравно-черничный	130	8015 ± 70

Район исследований относится к зоне значительного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности. Средняя величина годового количества осадков составляет 667 мм, из них 70 % приходится на теплый период года. Средняя температура июля + 18,2°, января – 23,0° С. Максимальная температура составляет 37°, минимальная – 60° С. Енисей оказывает согревающее влияние на окружающую территорию, что сказывается в увеличении продолжительности безморозного периода в его долине.

Современный растительный покров междуречья образуют чередующиеся между собой сосновые боры, темнохвойная тайга и болота, что является следствием достаточно сложного геолого-геоморфологического строения. Основную роль в лесной растительности играют сосняки IV–V, реже III класса бонитета, которые вместе с верховыми болотами определяют ландшафт территории. Первая надпойменная терраса Енисея и его притоков занята зональными елово-пихтово-зеленомошно-травяными лесами. В притеррасной части поймы произрастают кедровники, в первом ярусе которых господствует кедр, во втором – ель, пихта, береза. Растительный покров второй надпойменной террасы Енисея и его притоков образован сосновыми зеленомошно-брусничными и зеленомошно-черничными сосняками. Наибольшие площади междуречья Сым-Дубчес заняты борами, развитыми на песчаных подзолах. Темнохвойные леса, производные березняки и осинники имеют территориально подчиненное значение. Среди темнохвойных основной лесообразующей породой является кедр. Кедровники бруснично-мелкотравно-гилокомиевые, кустарничково-зеленомошные, кустарничково-сфагновые и др. широко распространены на междуречье. Еловые и пихтовые леса сконцентрированы, преимущественно, в речных долинах, изредка на склонах теплых экспозиций [5]. Основными водными артериями являются р. Енисей и его притоки: Сым, Дубчес, Тугулан и др. Течение рек медленное, поверхностный сток ослаблен, что является важным фактором сильной заболоченности территории.

В результате детального спорово-пыльцевого, стратиграфического и радиоуглеродного анализов торфяников удалось выявить сукцессии древесной растительности и климатические флуктуации на междуречье за последние 9 500 лет.

Предбореал (РВ) – 10–9 тыс. лет назад (л. н.). По данным пыльцевого спектра древесных пород, на суходолах основными эдификаторами древесной растительности были *береза* и *ель*, в травяном покрове которых преобладали евтрофные растительные

группировки из хвоща, папоротников, злаков. Моховый напочвенный покров преимущественно состоял из гипновых мхов. Климат предбореала был холодным: температуры года, июля и января были ниже современных на 5,3, 4,8, 3,7° С, соответственно. Сумма осадков была меньше современной нормы на 242 мм. Продолжительность безморозного периода близка современной.

Бореал (BO) – 9–8 тыс. л. н. Судя по возрастающему участию сосновой, еловой и пихтовой пыльцы в общем составе спорово-пыльцевых спектров, на суходолах начали формироваться *сосновые леса с примесью ели и пихты*. Значительное присутствие пихты в составе лесов, увеличение распространения полыни, папоротникообразных и гипновых мхов говорит о том, что климат изменился в сторону потепления. Об этом же свидетельствуют реконструированные характеристики палеоклимата. Температура года была ниже на 0,4° С, а температуры июля и января были выше современных на 0,6 и 3,5° С, соответственно. Осадков выпадало меньше современной нормы на 178 мм. Однако в конце периода вновь отмечается сухое похолодание – температуры года, июля и января были ниже современных на 1,7, 2,3 и 1,0° С, соответственно, а сумма осадков была меньше на 254 мм. Продолжительность безморозного периода больше современной на 18 дней.

В первой половине **атлантического периода** (AT1) – 8–6 тыс. л. н. на суходолах абсолютно доминировали сосновые и березовые леса, *ель* являлась третьим эдификатором лесной растительности. В это же время *кедр* начинает играть заметную роль в лесообразовании, а *пихта*, наоборот, утрачивает свои прежние позиции. Климат этого отрезка голоцена изменился, по сравнению с предыдущим периодом, в сторону потепления. Средние температуры года и января были выше на 1,0° С, а температура июля близка современной. Количество осадков было меньше на 134 мм, а продолжительность безморозного периода больше на 26 дней.

Во второй половине **атлантического периода** (AT2) – 6–4,5 тыс. л. н. *сосна* и *кедр* – основные лесообразующие породы. *Береза* занимает устойчивую третью позицию. Под пологом леса были развиты травяно-кустарничковые и кустарничково-разнотравно-моховые фитоценозы. Этот отрезок голоцена выделяется исследователями как климатический оптимум, поскольку он был самым теплым за все послеледниковое время. Температура июля была близка современной, а температуры января и года выше современных на 2,5 и 1,2° С, соответственно. Продолжительность безморозного периода была выше на 34 дня.

На **атлантико-суббореальном** контакте (AT/SB) – 4,5 тыс. л. н., как свидетельствует состав пыльцевого спектра древесных пород, суходола были заняты прежней растительностью, в которой *кедр* и *сосна* – основные доминанты среди древесных пород. Роль *ели* и *березы* в лесообразовании заметно сократилась. Такая тенденция говорит о развитии на суходолах близких к современным зональных кедровых и сосновых с примесью березы, ели и пихты лесов. Реконструированные климатические характеристики этого отрезка голоцена следующие: температуры июля, января, года выше на 0,5, 2,4, 1,6° С, соответственно, количество осадков меньше современных на 110 мм, а продолжительность безморозного периода больше на 35 дней.

В **суббореальном периоде** (SB) – 4,5–2,5 тыс. л. н. на междуречье господствовали кедровые и сосново-кедровые леса, под пологом которых были развиты травяные осоково-хвощевые фитоценозы. В это время, судя по пыльцевому спектру древесных пород, лесообразующая роль *березы* заметно снизилась. Период в климатическом отношении был благоприятным – теплым и сухим. Средние температуры июля, января и года выше современных, соответственно, на 0,5, 2,4 и 1,6° С. Среднегодовое количество осадков меньше на 110 мм, а продолжительность безморозного периода больше на 35 дней.

В **субатлантический период** (SA) – 2,5–0 тыс. л. н. на суходолах окончательно установилось господство двух пород – *сосны* и *кедра*. *Береза*, *ель* и *пихта* утратили свою эдификаторную роль. По климатическим параметрам температура июля близка современной, а температуры января и года выше на 0,9 и 1,4° С, соответственно. Осадков выпадало меньше

современной нормы на 60 мм, а продолжительность безморозного периода была больше на 38 дней.

Палеоклиматические реконструкции по пыльцевым спектрам, стратиграфии торфяной залежи, радиоуглеродному возрасту семи торфяных разрезов, заложенных на междуречье Сым-Дубчес, позволили выявить эволюционные изменения растительного покрова суходолов и болот в голоцене. Полученные результаты смен лесной растительности в средней тайге Приенисейской Сибири (ВО – елово-березовые и елово-пихтовые леса, АТ2 – кедрово-сосново-березовые с пихтой и елью леса, АТ1 – сосновые и березовые с примесью ели леса, СВ – кедрово-сосново-березовые с елью леса и СА – кедрово-сосновые с примесью березы с елью и пихтой в подчиненном ярусе леса), в целом согласуются с данными других авторов по Западной Сибири [1; 3]. Реконструированные тренды потеплений и похолоданий климата в основном близки климатостратиграфическим схемам голоцена других авторов [4; 6]. Однако параметры среднегодовой суммы осадков по всем исследованным разрезам показывают ее величину меньше современной нормы, что отличается от общепринятой схемы. Такой результат можно объяснить либо региональными особенностями (район исследований находится в зоне устойчивого тепло- и влагообмена, что способствует незначительному колебанию температур и влажности), либо ошибками реконструкций (по данным автора метода – Букреевой Г. Ф., расчетная модель количества осадков дает ошибку в ± 31 мм).

Исследование выполнено в рамках Базового проекта ФИЦ КНЦ СО РАН FWES-2024-0028 «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технологический аспекты».

Список литературы

1. Бляхарчук Т.А. Последледниковая динамика растительного покрова Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области (по данным спорово-пыльцевого анализа болотных и озерных отложений): Автореф. ... дисс. док. биол. наук. Томск, 2010. 43 с.
2. Букреева Г.Ф., Вотах М.Р., Бишаев А.А. Определение палеоклиматов по палинологическим данным методами целевой интерационной классификации регрессионного анализа. Новосибирск: изд. ИГиГ, 1986. 190 с.
3. Волкова В.С., Левина Т.П. Растительность голоцена Западной Сибири по палинологическим данным // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С. 188–192.
4. Волкова В.С., Вотах М. Р., Белова В. А. Основные этапы изменения климата Сибири в четвертичное время // Проблемы современной палинологии. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1984. С. 147–153.
5. Горожанкина С.М., Константинов В.Д. География тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 189 с.
6. Климанов В.А. Реконструкция палеотемператур и палеоосадков на основе спорово-пыльцевых данных // Методы реконструкций палеоклиматов. М.: Наука, 1985. С. 38–48.
7. Пыльцевой анализ. М.: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1950. 571 с.
8. Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.

Т.С. Ключевиткина¹, Е.А. Новичкова², Е.А. Агафонова², Л.А. Лозинская², А.Г. Матуль²,
М.П. Чеховская², Р. Мохан³

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический
факультет, г. Москва, Россия

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

³Национальный центр полярных и океанических исследований, г. Васко-да-Гама, Индия
t.klyuvitkina@mail.ru

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НОРВЕЖСКОГО МОРЯ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

По комплексу микропалеонтологических методов реконструированы позднеголоценовые изменения окружающей среды в глубоководной зоне Норвежского моря. Установлена локальная граница окончания неогляциального похолодания 2.2 тыс. л.н., а также последовательные смены морских природных условий в поверхностных, подповерхностных и придонных водах.

Ключевые слова: Норвежско-Гренландский бассейн, голоцен, микропалеонтология

T.S. Klyuvitkina¹, E.A. Novichkova², E.A. Agafonova², L.A. Lozinskaia², A.G. Matul²,
M.P. Chekhovskaya², R. Mohan³

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

²Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³National Centre for Polar & Ocean Research, Vasco-da-Gama, India

t.klyuvitkina@mail.ru

DYNAMICS OF THE LATE HOLOCENE ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE NORWEGIAN SEA BASED ON MICROPALAEONTOLOGICAL ANALYSIS

Late Holocene environmental changes in the deep-water zone of the Norwegian Sea have been reconstructed using a combination of micropaleontological analysis. The end of Neoglacial cooling at 2.2 cal. yrs BP, and changes in marine environments in surface, subsurface and bottom waters were established.

Keywords: Nordic Seas, Holocene, micropaleontology

Один из ключевых регионов для изучения палеоклимата голоцена в Северном полушарии – это Норвежско-Гренландский бассейн (НГБ). В позднем голоцене здесь происходили заметные изменения природной среды, крупнейшим из которых стал период неогляциации, длившийся, по разным оценкам, с 5–4 до 2 тыс. лет назад. Неогляциальное похолодание отмечается в ряде палеогеографических реконструкций, однако его временные границы могут варьировать в разных районах моря. Кроме того, похолодание часто фиксируется не во всей водной толще. К климатическим изменениям меньшего масштаба относятся Средневековый климатический оптимум (МСА; 800–1400 гг.) и Малый ледниковый период (LIA; 1400–1900 гг.). Особый интерес представляет переход между МСА и LIA, который во многих палеозаписях реконструируется как крупное палеоклиматическое событие. Цель нашего исследования – уточнить возраст, масштаб и особенности позднеголоценовых изменений окружающей среды в глубоководной зоне НГБ по комплексу микропалеонтологических методов, включающему анализ цист динофлагеллят (диноцист), диатомовых водорослей, бентосных (БФ) и планктонных (ПФ) фораминифер. Такой набор микрофоссилий позволяет реконструировать изменения во всей водной толще, а именно в поверхностных (диноцисты и диатомеи), подповерхностных (ПФ) и придонных (БФ) водах.

Материалом исследования стала колонка АМК-6150 (74°46,813' с.ш., 08°26,052' в.д.), полученная в Норвежском море у восточного подножья срединно-океанического хр. Книповича в 75-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» (2019 г.) с помощью мультикорера Mini Muc K/MT 410. Колонка отобрана с глубины моря 3013 м, ее длина составляет 31 см. Образцы для изучения микрофоссилий отбирались с интервалом 1 см. Лабораторная пробоподготовка выполнена по общепринятым методикам.

По данным анализа диноцист с использованием базы данных Северного полушария ($n = 1968$) [3] методом современных аналогов [3; 5] реконструированы летние и зимние поверхностные температура (SST, °C) и соленость (SSS, psu), а также продолжительность сезонного ледового покрова (мес/год). По результатам диатомового анализа реконструирована августовская поверхностная температура (aSSTs, °C) методом взвешенно-усредненной частичной функции наименьших квадратов (WA-PLS) [12] с использованием набора данных для Северной Атлантики, состоящего из 52 видов диатомей в 183 образцах поверхностных осадков [8]. По сообществам ПФ методом МАТ с использованием базы данных для Северной Атлантики [1; 9] и Атласа Мирового океана [7] реконструированы значения температуры подповерхностных вод для глубины 50 м (SSbTs, °C).

Согласно радиоуглеродному датированию (AMS ^{14}C), осадки колонки АМК-6150 сформировались за последние 2.9 тыс. календарных лет. Интерпретация полученных данных позволила выделить за этот период три временных интервала.

Интервал 2.9–2.2 тыс. лет назад отличается высоким содержанием холодноводных диноцист *I. pallidum* и *S. elongatus*. Среди диатомей было повышено количество вымерших видов, которые могут транспортироваться в Норвежское море с баренцевоморского шельфа, где ископаемые палеогеновые и неогеновые диатомей часто встречаются в современных и четвертичных отложениях. Низкие концентрации БФ и отсутствие ПФ в этот период связано, вероятнее всего, с растворением карбонатов из-за потоков сезонной талой воды. Преобладание в составе БФ *O. umbonatus* и агглютинированных таксонов, а также отсутствие *C. wuellerstorfi* 2.9–2.2 тыс. л.н. указывают на условия с низким потоком органических частиц, холодные обстановки и отсутствие придонных течений.

Согласно количественным реконструкциям по диноцистам, это время стало наиболее холодным за весь рассматриваемый период: SST составила 7.4°C летом и 3.0°C зимой, летняя SSS понижалась до 34.4 psu. Продолжительность ледового покрова достигала 4 мес/год. По всей видимости, было велико влияние арктических вод. Таким образом, период 2.9–2.2 тыс. л.н. в осадках колонки АМК-6150 представляет собой заключительную часть неогляциального похолодания. По нашим микропалеонтологическим данным, оно затронуло всю водную толщу, т.е. поверхностные, подповерхностные и придонные воды.

Событие 2.2 тыс. лет назад. Крупный климатический сдвиг в сторону потепления произошел 2.2 тыс. лет назад. В поверхностных водах на потепление, усиление влияния Норвежского течения и отступление арктического фронта указывает резкое снижение количества *I. pallidum* и *S. elongatus* и рост содержания *I. sphaericum* и *S. mirabilis*. Реконструированная по диноцистам SST возрастает сразу почти на 2°C, сезонный морской лед полностью исчезает. В сообществах диатомей появляются ледово-морские и возрастает количество ледово-неритических видов. Поступлению ледово-морских видов могло способствовать таяние льда в прикромочной зоне. Начало потепления в подповерхностной водной толще отмечается по появлению в осадках ПФ около 2.2 тыс. л.н. В придонных водах событие 2.2 тыс. лет выражено по увеличению концентраций БФ и появлению в осадках видов *C. wuellerstorfi*, *I. tumidula*, *T. trihedra*, *C. lobatulus* и *C. reniforme*.

Подобный палеоклиматический эпизод в районе 2 тыс. л.н. зафиксирован также в других колонках из НГБ: например, M23258 юго-западнее Шпицбергена [10], MD95-2011 на плато Воринг [4 и др.], PS1878 в Гренландском море [11], АМК-6142 в Лофотенском бассейне Норвежского моря [6]. Наши данные хорошо согласуются и с результатами реконструкций индекса североатлантической осцилляции (NAO), представляющего собой разницу в атмосферном давлении между Исландским минимумом и Азорским максимумом.

Положительный индекс NAO характеризуется усилением западных ветров через Атлантику, что приводит к увеличению потока атлантических вод на север, высокому количеству осадков над Северной Европой и смещению Арктического фронта на восток, тогда как отрицательный индекс NAO вызывает уменьшение потока теплого течения, меньшее количество осадков в Европе и смещение траекторий штормов к югу. Около 2.0 тыс. л.н. индекс NAO сменился с отрицательного на положительный.

Таким образом, событие 2.2 тыс. л.н. в районе хр. Книповича, согласно нашим данным, указывает на окончание периода неогляциации и установление морских условий, близких к современным. Важно отметить, что данное событие прослеживается синхронно во всех горизонтах, а именно в поверхностных, подповерхностных и придонных водах.

2.2–0.6 тыс. лет назад палеоклиматические условия были в целом стабильны и близки к современным. Самым теплым в поверхностных водах стал период 2.2–1.2 тыс. л.н., на что указывает высокое содержание теплолюбивых диноцист *I. sphaericum* и *S. mirabilis*, а также тепловодных диатомей. SST достигали 9.5°C (в среднем 8.7°C), а aSST возрастали до 9.7°C (в среднем 7.9°C). В подповерхностных водах 2.2 тыс. л.н. появляются ПФ, однако первое время господствует моновидовое сообщество из *N. pachyderma*, а появление *N. incompta* 1.7 тыс. л.н. указывает на установление более благоприятных условий. Похожий теплый эпизод около 1.3 тыс. л.н. реконструирован по диноцистам в колонке JM-06 в проливе Фрама [2]. Судя по всему, в этот период в точке отбора колонки отмечались усиление потока Норвежского течения и, возможно, отступление арктического фронта.

Короткий эпизод похолодания и влияния арктических вод зафиксирован в интервале 1.2–1.0 тыс. л.н. (~750–950 гг.) только по диноцистам и диатомеям, следовательно, случился только в поверхностных водах. В составе диноцист вновь появляется *I. pallidum*, а *I. sphaericum* и *S. mirabilis* практически исчезают. Среди диатомей достигают максимума холодноводные виды и повышается количество неритических. SST опускается до 6.0°C летом и 1.5°C зимой, что ниже современных значений, а aSST снижается до 6.4°C. Появляется ледовый покров до 2 мес/год. В подповерхностных водах, напротив, интервал 1.2–1.0 тыс. л.н. отличается повышением до 3.3°C SSbT, что может указывать на ослабление стратификации водной толщи и снижение глубины перемешанного слоя.

Интервал 1.0–0.6 тыс. л.н. совпадает с МСА, который характеризовался относительно теплыми условиями во многих морских и наземных палеозаписях Северного полушария. Однако, сообщества микрофоссилий в колонке АМК-6150, а также реконструированные по ним SST, aSST, SSbT и SSS не показывают каких-либо заметных изменений.

Придонные условия в период 2.2–0.6 тыс. л.н. оставались относительно спокойными и холодными, однако постепенный рост содержания *C. wuellerstorfi* и *I. tumidula* указывает на усиление гидродинамики придонных вод.

В последние 0.6 тыс. лет (с ~1350 г.) в поверхностных водах реконструируются относительно холодные условия, на что указывает появление *I. minutum* и *Brigantedinium* spp. в сообществах диноцист, а также увеличение содержания *S. elongatus*. В современных осадках *I. minutum* и *Brigantedinium* spp. характерны для полярных условий с сезонным льдом, они распространены вдоль побережья Гренландии и во фьордах Шпицбергена, поэтому их появление говорит о поступлении арктических вод и приближении фронта. Появление в сообществах диатомей сублиторальных и пресноводных видов может указывать на влияние холодных потоков от побережий арктических островов. Значения летней SST снизились до 5.1°C, а aSST опустилась до 5.7°C. Это снижение, очевидно, связано с наступлением LIA. В этот период многие морские и континентальные палеоклиматические архивы показывают понижение температур на ~2°C. Наши данные показывают, что при снижении летних SST и SSS, зимние значения оставались неизменными. Следовательно похолодание LIA было выражено больше в теплый сезон года, нежели зимой, что говорит об ослаблении сезонности. Похожие условия отмечались в колонке JM-06 около 200 л.н. [2].

В целом морские природные условия в поверхностных водах за последние 0.6 тыс. лет характеризовались заметной нестабильностью, что выразилось в частых колебаниях состава

сообществ диноцист и диатомей, появлении пресноводных видов диатомей, а также в одновременном присутствии в ассоциациях диноцист видов с разными экологическими предпочтениями. Индекс NAO 0.6 тыс. л.н. назад вновь меняет знак на преимущественно отрицательный, однако с этого времени он также характеризуется частыми короткими колебаниями [13]. Это, предположительно, могло отразиться в наших данных и стать причиной нестабильного видового состава микроводорослей в поверхностных водах.

В то время как в поверхностной водной толще реконструируется заметное похолодание, подповерхностные и придонные условия в последние 0.6 тыс. лет, напротив, становятся более благоприятными. Это отражается в росте численности и разнообразия фораминифер, увеличении содержания редких видов БФ и снижение *E. exigua*, возрастании количества *N. incompta* и *T. quinqueloba* в составе ПФ. Максимум бентосного вида *C. wuellerstorfi* 0.4 тыс. л.н. говорит об обогащении глубинных вод кислородом. SSbT увеличивается в среднем до 4.0°C. Таким образом, можно предполагать, что похолодание LIA в районе хр. Книповича было выражено только в поверхностном слое вод и не затронуло всю водную толщу. Возможно, оно было связано с холодными поверхностными водными потоками, которые в летний сезон проникали сюда с баренцевоморского шельфа.

Несмотря на разные тренды, которые в последние 600 лет показывают диноцисты и диатомей с одной стороны и ПФ и БФ с другой, мы можем заключить, что временной рубеж 0.6 тыс. л.н. (переход МСА/LIA) характеризуется значительной, хоть и разнонаправленной, сменой палеоокеанологических условий в районе наших работ. Такая же заметная смена отмечается и многими другими палеоклиматическими исследованиями.

Работа выполнена по гранту РФФИ №24-17-00044, https://rscf.ru/prjcard_int?24-17-00044 (выполнение палеорекоonstrukций) при дополнительной поддержке по теме госзаданий Минобрнауки России для ИО РАН №FMWE-2024-0020 (отбор проб осадков) и МГУ имени М.В. Ломоносова №121051100135-0 (микроскопные исследования).

Список литературы

1. Barash M. Fossil Plankton Stratigraphies. IGBP PAGES/World Data Center-A for Paleoclimatology Data Contribution Series, 93-037. NOAA/NGDC Paleoclim. Progr., 1993.
2. Bonnet S. et al. Variability of sea-surface temperature and sea-ice cover in the Fram Strait over the last two millennia // Marine Micropaleontology. 2010. Vol. 74. P. 59–74.
3. de Vernal A., Taoufik R., Zaragosi S., Van Nieuwenhove N., Rochon A., Allan E., De Schepper S., Eynaud F., Head M., Limoges A., Londeix L., Marret F., Penaud A., Pospelova V., Price A., Richerol T. Distribution of common modern dinoflagellate cyst taxa in surface sediments of the Northern Hemisphere in relation to environmental parameters: The new n=1968 database // Marine Micropaleontology. 2019. Vol. 159. P. 101796. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2019.101796>
4. Dolven J., Cortese G., Bjørklund K. A high-resolution radiolarian-derived paleotemperature record for the Late Pleistocene-Holocene in the Norwegian Sea // Paleoceanography and Paleoclimatology. 2002. Vol. 17(4). P. 1072. <https://doi.org/10.1029/2002PA000780>
5. Guiot J., de Vernal A. Transfer functions: Methods for quantitative paleoceanography based on microfossils / Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography. Amsterdam, 2007. P. 523–563.
6. Klyuvitkina T., Novichkova E., Matul A., Kravchishina M. The Holocene environment of the Norwegian Sea based on fossil microalgae assemblages // Doklady Earth Sciences. 2023. Vol. 513(2). P. 1361–1365. <https://doi.org/10.1134/S1028334X23601943>
7. Locarnini R.A. et al. World Ocean Atlas 2013. V.1: Temperature. NOAA Atlas NESDIS. 73 p.

8. Miettinen A., Divine D., Husum K., Koc N., Jennings A. Exceptional ocean surface conditions on the SE Greenland shelf during the medieval climate anomaly // *Paleoceanography*. 2015. Vol. 30. P. 1657–1674. <https://doi.org/10.1002/2015PA002849>
9. Pflaumann U., Duprat J., Pujol C., Labeyrie L. Distribution of Planktic Foraminifera in Surface Sediments of the Atlantic Ocean // *PANGAEA*. 1996. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.51621>
10. Sarnthein M., van Kreveld S., Erlenkeuser H., Grootes P., Kucera M., Pflaumann U., Schulz M. Centennial-to-millennial-scale periodicities of Holocene climate and sediment injections off the western Barents shelf, 75°N // *Boreas*. 2003. Vol. 32. P. 447–461. <https://doi.org/10.1080/03009480310003351>
11. Telesiński M., Spielhagen R., Lind E. A high-resolution Lateglacial and Holocene palaeoceanographic record from the Greenland Sea // *Boreas*. 2013. Vol. 43. P. 273–285. <https://doi.org/10.1111/bor.12045>
12. ter Braak C., Juggins S. Weighted averaging partial leastsquares regression (WA-PLS) – an improved method for reconstructing environmental variables from species assemblages // *Hydrobiologia*. 1993. Vol. 269. P. 485–502.
13. Trouet V., Scourse J., Raible C. North Atlantic storminess and Atlantic Meridional Overturning Circulation during the last Millennium: Reconciling contradictory proxy records of NAO variability // *Global and Planetary Change*. 2012. Vol. 84–85. P. 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.10.003>

ДИНАМИКА ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ В ГОЛОЦЕНЕ

В статье рассмотрена эволюция горных экосистем в голоцене на примере Хибинского горного массива, Среднего Урала, Большого Кавказа и Крымских гор. Показаны общие тренды динамики границ вертикальных зон в горах России и их региональные особенности.

Ключевые слова: палеопочвоведение, изменения климата, горные ландшафты, изотопы углерода

N.O. Kovaleva

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

natalia_kovaleva@mail.ru

DYNAMICS OF MOUNTAIN ECOSYSTEMS (EUROPEAN PART OF RUSSIA) IN THE HOLOCENE

The article examines the evolution of mountain ecosystems in the Holocene using the example of the Khibiny mountain range, the Middle Urals, the Greater Caucasus and the Crimean Mountains. General trends in the dynamics of the boundaries of vertical zones in the mountains of Russia and their regional features are shown.

Keywords: paleopedology, climate change, mountain landscapes, carbon isotopes

Горные ландшафты, располагаясь в «краевых частях» биосферы, первыми реагируют на изменения климата развитием или сокращением горных ледников, смещением вертикальных растительных зон, изменением свойств почв и структуры почвенного покрова.

Объектами исследования послужили экосистемы, а также дневные и погребенные под Моренами почвы в различных вертикальных зонах горных ландшафтов европейской части России: Хибинского горного массива, Крымских гор, Большого Кавказа и Среднего Урала.

Изотопный состав углерода органического вещества почв определялся на масс-спектрометре Thermo V Plus IRMS, возраст почв – радиоуглеродным методом, содержание углерода – методом сухого сжигания на CNS-анализаторе, групповой состав гумуса – методом Тюрина в модификации Пономаревой, Плотноковой.

Установлено, что полным отсутствием оледенения характеризуется начало голоцена в Горном Крыму. В горизонтах коричневой красноцветной почвы, залегающих глубже раннеголоценовых почв (7000-8000 лет), фиксируются типичные для растений C4 типа фотосинтеза величины изотопных отношений: -13 – -17‰, диагностирующие сухой субтропический климат с преобладанием C4 растений. Необычные соотношения лигниновых фенолов с высокой долей ванилиновых и сиригиловых структур, характерные для этих горизонтов, подтверждают данный вывод. Необходимо отметить, что величины -13‰, маркируют обстановки с господством жестколистных растений.

В горные склоны Урала и Хибин в начале голоцена покрыты долинными ледниковыми покровами.

Катастрофическое изменение климата, растительности и химического состава атмосферы прослеживается с начала голоцена по умеренно низким величинам изотопного отношения – до -22 – -25‰ во всех исследованных горных ландшафтах. Сначала эпизодически, а затем, захватывая весь почвенный профиль и все горные территории на

континенте распространяются травы. С-З растения в отличие от своих предшественников развили мощные корневые системы. Новым устойчивым типам гумуса с развитой ароматической частью молекул соответствуют такие типы почвообразования, как черноземный, луговой, дерновый. По мере отступления оледенения и обсыхания ландшафтов в условиях умеренных температур и влажности к середине голоцена господствующим типом почвообразования становится черноземный. Вертикальной поясности в горах нет, вплоть до вершин распространяются черноземы, так как во всех исследованных горных системах от Кавказа до Хибин в горных долинах сохранились темноцветные горизонты среднеголоценового возраста (7000 – 3000 лет). Погребенные гумусовые горизонты среднего голоцена отличаются характерным для травянистых ассоциаций набором признаков – гуматным гумусом, высокой ароматичностью молекул, наличием фитоцитов трав, преобладанием циннамиловых фенолов в составе лигнина и длинно-цепочечных алканов в составе углеводородов.

Лишь на рубеже среднего и позднего голоцена климатическая система горной Евразии начинает меняться в сторону похолодания и значительного повышения увлажненности, что следует из облегчения изотопных отношений в погребенных почвах высокогорий: до -26—-27 ‰. 1500-1000 лет назад буроземы приходят на смену черноземным почвам в высокогорьях Кавказа, на склонах Крымских гор, на Урале, дерново-подбуры – в Хибинах. Следовательно, граница леса поднималась до вершин хребтов. Долинные ледники Урала и Северного Кавказа вернулись к своим позднеплейстоценовым границам, однако исходя из структуры почвенного покрова, это оледенение не было покровным, а его распад носил долинный характер. В эпоху гляциальной стадии эггесен в ландшафтах горных долин активизировались экзогенные (склоновые) процессы, память о которых записана в профилях щебнистости литоземов.

Исходя из утяжеления изотопных отношений в погребенных почвах средневекового возраста вплоть до -23- -24 ‰ в горные долины ненадолго возвращается период климатического оптимума с черноземным типом почвообразования под луговыми степями. Однако в степных и сухостепных ландшафтах Крыма и Восточного Дагестана иссушения климата не наблюдается: изотопные отношения не превышают таковые для черноземной луговой степи, оставаясь в интервале -26 - -25 ‰ вплоть до начала более сурового и континентального малого ледникового периода.

Эпоха малого ледникового периода прервала этап средневекового педогенеза, вновь активизировались экзогенные процессы. Судя по диаграммам щебнистости, профили почв оказались перекрыты более молодыми отложениями гляциальной стадии фернау, граница леса опустилась на 200 м вниз по склонам. Утяжеление значений $\delta^{13}\text{C}$ в XVII-XIX вв. до -23 ‰ наблюдается в Хибинской тундре, до -22 ‰ - в степных ландшафтах Дагестана, диагностируя аридные обстановки, облегчение же – до -25‰ -27 ‰ – обнаруживается в высокогорьях Северного Кавказа и Урала. Именно в последние 200-300 лет в гумидных высокогорьях Евразии на моренах малого ледникового возраста наблюдается активное луговое почвообразование с луговыми альпийскими и субальпийскими почвами на Кавказе, развитие луговин на склонах Хибинских и Уральских гор. На сухих вершинах Крымских гор и на восточном Кавказе сохраняются средневековые степные ландшафты – яйлы.

Современную эпоху почвообразования, наступившую после малого ледникового периода, отличает отчетливая тенденция увеличения температур воздуха, отступления горных ледников и деградация мерзлоты повсеместно во всех исследованных долинах и нарастания гумидности климата. Им отвечает высокое содержание легкоминерализуемого грубого гумуса – до 30 % в почвах высокогорий, низкие оптические плотности гуминовых кислот. Возраст современного гумусового горизонта 109 ± 47 лет.

Работа выполнена по теме государственного задания МГУ №122011800459-3

КРУПНЫЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ПРИКАМЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ

В работе рассматривается динамика фауны крупных млекопитающих Прикамья в голоцене. Выделены этапы, через которые происходило развитие фауны. Выявлены группы млекопитающих с различным характером формирования современных ареалов. Определено время формирования современного фаунистического комплекса

Ключевые слова: Прикамье, териофауна, голоцен

K.Yu. Konovalova

Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

kseniakon@icloud.com

LARGE MAMMAL FAUNA OF THE FOREST ZONE PRIKAMYE IN THE HOLOCENE

The paper examines the dynamics of the fauna of large mammals in the Prikamye in the Holocene. The stages through which the development of the fauna occurs are identified. The groups of mammals with different character, forming modern habitats, are revealed. The time of formation of the modern faunistic complex is determined.

Keywords: Prikamye, theriofauna, Holocene

Прикамье отличается интересной историей формирования природных комплексов. Территория располагается на окраине Восточно-Европейской равнины, охватывает несколько ботанико-географических областей [10]. С востока Прикамье граничит с Уральскими горами, отделяющими ее от азиатской части континента.

На протяжении голоцена фауна Прикамья претерпевала изменения разного масштаба, но особенности и причины этих преобразований требуют более детального изучения. Цель работы заключается в изучении истории изменения фауны крупных млекопитающих Прикамья в голоцене и формирования ее современного состояния. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1) Описать изменения ареалов отдельных видов, произошедшие в голоцене;

2) Проследить динамику видового состава крупных млекопитающих Прикамья на протяжении голоцена;

3) Определить время формирования современного териокомплекса;

Материалы и методы. Предмет исследования – костные остатки крупных млекопитающих из голоценовых местонахождений Прикамья. Для анализа динамики фауны были использованы данные из литературы [1-8, 11-18], а также новые материалы. Костные остатки происходят из 117 местонахождений, которые относятся к двум категориям: археологические памятники (81) и зоогенные отложения в пещерах и гротах (36). К раннему голоцену относятся материалы из 13 местонахождений, к среднему – 23, к позднему – 79. Широкую датировку (в пределах всего голоцена без уточнения периода) имеют материалы из 17 местонахождений (рис. 1).

Таксономическая идентификация ископаемых остатков проводилась по диагностическим признакам отдельных костей посткраниального скелета с использованием эталонной сравнительно-анатомической коллекции музея Института экологии растений и животных УрО РАН.

Результаты и обсуждение. На протяжении голоцена на территории Прикамья были обнаружены остатки 26 видов крупных млекопитающих (табл.1).

В раннем голоцене сохраняются реликтовые виды мамонтового териокомплекса: гигантский олень, сайга, степная пищуха, степной сурок, песец. В начале голоцена территорию Прикамья широко заселяют новые виды: обыкновенная белка, речной бобр, европейская норка, лесная куница, рысь, выдра, европейский барсук и благородный олень. На юге территории появляется кабан. В течении позднего голоцена изменение состава фауны Прикамья были незначительны, наблюдаются некоторые преобразования границ ареалов. В XX веке на территории появляются искусственно завезены виды: ондатра, енотовидная собака, американская норка [9].

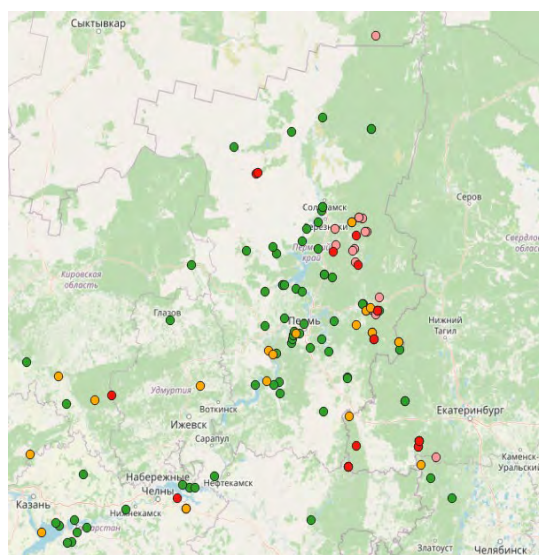


Рис. 1. Голоценовые местонахождения Прикамья.

● - ранний голоцен, ● - средний голоцен, ● - поздний голоцен, ● - голоцен (широкая датировка)

Таблица 1. Изменение состава фауны млекопитающих Прикамья

Вид	Ранний голоцен	Средний голоцен	Поздний голоцен (SA1)	Поздний голоцен (SA2)	Современность
	10300-8000 л.н.	8000-2500 л.н.	2500-1800 л.н.	1800-800 л.н.	Последние 800 лет
Заяц-беляк <i>Lepus timidus</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Пищуха степная <i>Ochotona pusilla</i> Pallas, 1769	+	+	—	—	—
Бобр речной <i>Castor fiber</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Сурок степной <i>Marmota bobak</i> Muller, 1776	+	+	+	+	—
Обыкновенная белка <i>Sciurus vulgaris</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Волк <i>Canis lupus</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Песец <i>Vulpes lagopus</i> L., 1758	+	—	—	—	—
Лисица <i>Vulpes vulpes</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Бурый медведь <i>Ursus arctos</i> L., 1758	+	+	+	+	+

Вид	Ранний голоцен	Средний голоцен	Поздний голоцен (SA1)	Поздний голоцен (SA2)	Современность
	10300-8000 л.н.	8000-2500 л.н.	2500-1800 л.н.	1800-800 л.н.	Последние 800 лет
Речная выдра <i>Lutra lutra</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Куница лесная <i>Martes martes</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Соболь <i>Martes zibellina</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Норка европейская <i>Mustela luteola</i> L., 1761	+	+	+	+	+
Горноста́й <i>Mustela erminea</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Ласка <i>Mustela nivalis</i> L., 1766	+	+	+	+	+
Барсук европейский <i>Meles meles</i> L., 1758	+	+	+	?	?
Барсук азиатский <i>Meles leucurus</i> Hodgson, 1847	–	–	+	+	+
Росомаха <i>Gulo gulo</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Рысь <i>Lynx lynx</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Кабан <i>Sus scrofa</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Сибирская косуля <i>Capreolus pygargus</i> Pallas, 1771	+	+	+	+	+
Лось <i>Alces alces</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Олень северный <i>Rangifer tarandus</i> L., 1758	+	+	+	+	+
Олень благородный <i>Cervus elaphus</i> L., 1758	+	+	–	–	–
Олень гигантский <i>Megaloceros giganteus</i> Blumenbach, 1799	+	–	–	–	–
Сайга <i>Saiga tatarica</i> L., 1766	+	+	+	–	–

Выявлено четыре группы видов, имеющих различный характер формирования современных ареалов:

1. Виды, ареал которых был относительно стабильным (заяц-беляк, волк, лисица, бурый медведь, ласка, горноста́й, лось, белка, выдра, рысь).
2. Виды, у которых ареал сокращался (степная пищуха, степной сурок, сайга, благородный олень, песец, соболь, росомаха, северный олень, европейский барсук).
3. Виды с расширяющимся ареалом (лесная куница, азиатский барсук).
4. Виды, ареал которых претерпевал расширение и сокращение (кабан, бобр, сибирская косуля).

Фауна крупных млекопитающих Прикамья на протяжении голоцена прошла через три этапа развития. На ранний голоцен приходится переходный этап, когда происходит смена от мамонтового териокомплекса к голоценовому. В среднем голоцене проходит этап формирования современного состава фауны. На поздний голоцен приходится собственно

современный этап. Последний этап был прерван в XVI-XVII, когда начало происходить наиболее активное заселение Прикамья, тогда начался новый этап развития фауны.

Изменение ареалов является главным механизмом динамики состава фауны крупных млекопитающих Прикамья в голоцене, по большей части это сокращение ареалов.

Выводы. На протяжении голоцена изменился состав фауны Прикамья. В состав фауны больше не входят степная пищуха, степной сурок, песец, благородный олень, гигантский олень, сайга. В XX веке на территорию были заселены ондатра, американская норка, енотовидная собака.

Выявлено четыре группы видов, имеющих различный характер формирования современных ареалов:

- виды с относительно стабильным ареалом;
- виды с сокращающимся ареалом;
- виды с расширяющимся ареалом;
- виды, ареал которых претерпевал расширение и сокращение в голоцене.

Современный фаунистический комплекс сформировался не позднее начала позднего голоцена.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 23-68-10023, <https://rscf.ru/project/23-68-10023/>

Список литературы

1. Бачура О.П., Косинцев П.А. Ареалы млекопитающих на Урале в конце позднего плейстоцена // Зоологический журнал. 2019. Т. 98. № 8. С. 93–948.
2. Варов А.И. Предварительные данные определения костных остатков млекопитающих из городища Анюшкар // Труды КАЭЭ. 2001. Вып. 1–2. С.143–145.
3. Гасилин В.В., Косинцев П.А. Замещение европейского барсука (*Meles meles* L., 1758) азиатским барсуком (*Meles leucurus* Hodgson, 1847) на границе Европы и Азии в голоцене // Доклады академии наук. 2010. Т. 432. № 5. С. 715–717.
4. Гасилин В.В., Косинцев П.А., Ражев Д.И., Фадеева Т.В. Ареалы видов рода *Martes* на Среднем Урале в верхнем неоплейстоцене и голоцене // Зоологический журнал. 2014. Т. 93. № 4. С. 585–594.
5. Косинцев П.А. Крупные млекопитающие Урала в позднем плейстоцене и голоцене // Четвертичная палеозоология на Урале. Екатеринбург, 2003. С. 55–72.
6. Косинцев П.А., Бачура О.П., Саранулов А.Н. Фауна млекопитающих из местонахождения позднего голоцена Калининское (Пермское Предуралье) // Фауна Урала и Сибири, 2017. № 2. С. 192–199.
7. Косинцев П.А., Пластеева Н.А. Крупные млекопитающие Камского Приуралья в голоцене // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 2009. Т. 114. Вып. 5. Отд. биол. С. 36–42.
8. Кузьмина И.Е., Саблин М.В., Цыганова С.А. Видовой состав и морфологические особенности млекопитающих из грота Большой Глухой на Среднем Урале // Охранные археол. исслед. на Среднем Урале. Екатеринбург, 1999. Вып. 3. С. 4–14.
9. Наумкин Д.В. Состояние интродуцированных и инвазивных видов растений и животных в заповеднике "Басеги" (Пермский край) // Вестник Пермского университета. 2016. № 1. С. 68–74.
10. Овёсцов С.А. Местная флора. Флора Пермского края и ее анализ. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009. 171 с.
11. Петренко А.Г. Древнее и средневековое животноводство Среднего Поволжья и Предуралья. М.: Наука, 1984. 176 с.

12. Ражнев Д.И., Косинцев П.А., Улитко А.И. Фауна крупных млекопитающих позднего плейстоцена и голоцена из грота Бобылек (Средний Урал) // Фауны Урала и Сибири в плейстоцене и голоцене. Челябинск: Изд-во Рифей, 2005. С. 190–211.
13. Фадеева Т.В. Мелкие млекопитающие Пермского Предуралья в позднем плейстоцене и голоцене // Четвертичная палеозоология на Урале. Екатеринбург, 2003. С. 133–147.
14. Izvarin E., Ulitko A., Nekrasov A. Palaeontological description of Nizhneirginsky Grotto Upper Holocene sediments (Ufa Plateau, Fore-Urals) with taphonomic and palaeoenviron // Quaternary International. 2020. Vol. 546. P. 160–169.
15. Kinoshita E., Kosintsev P., Abramov A., Solovyev V. Holocene changes in the distributions of Asian and European badgers (Carnivora: Mustelidae: Meles) inferred from ancient DNA analysis // Biological Journal of the Linnean Society. 2020. Vol.129. Iss. 3. P. 594–602. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa007>
16. Korkina I., Smirnov N., Izvarin E., Ulitko A. Deposits of the rock shelter Svetly (the Middle Urals): Comparison of paleosol and paleotheriological data and paleoenvironmental reconstructions based on them // Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 47–55.
17. Kosintsev P., Gasilin V., Gimranov D., Bachura O. Carnivores (Mammalia, Carnivora) of the Urals in the Late Pleistocene and Holocene // Quaternary International. 2016.Vol. 420. P. 145–155.
18. Prost S., Knapp M., Flemmig J., Hufthammer A., Kosintsev P., Stiller M., Hofreiter M. A phantom extinction? New insights into extinction dynamics of the Don-hare *Lepus tanaiticus* // Journal of Evolutionary Biology. Vol. 23. Iss. 9. P. 2022–2029. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2010.02062.x>

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА СЕВЕРЕ МОНГОЛЬСКОГО НАГОРЬЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ, РЕКОНСТРУИРОВАННЫЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЕССОВО-ПОЧВЕННОГО РАЗРЕЗА ШААМАР

Представлены результаты комплексных палеопочвенных и палеогеографических исследований лессово-почвенного разреза Шаамар. Реконструированы основные этапы формирования почв и эоловых отложений в позднеледниковье и голоцене. Выявлен общий тренд изменения температуры и влажности.

Ключевые слова: палеоклимат, лессы, палеопочвы, позднеледниковье, голоцен, Монгольское нагорье

Y.M. Kononov¹, O.S. Khokhlova², S.N. Timireva¹, S.A. Sycheva¹, A.N. Simakova³

¹ *Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

² *Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia*

³ *Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

jukon02@mail.ru

LANDSCAPE AND CLIMATIC CHANGES IN THE NORTHERN MONGOLIAN PLATEAU IN THE LATE GLACIAL AND HOLOCENE, RECONSTRUCTED BASED ON THE COMPREHENSIVE STUDIES OF THE SHAAMAR LOESS-SOIL SECTION

The article presents the results of paleosol and paleogeographic studies of the Shaamar loess-soil section. The main periods of eolian sedimentation and soil formation in the Late Glacial and Holocene are reconstructed. A general trend in temperature and humidity changes has been identified.

Key words: paleoclimate, loesses, paleosols, late glacial, Holocene, Mongolian Mountain Plateau

Монгольское нагорье расположено в центре азиатского континента на стыке влияния крупномасштабных климатических систем. В начале теплого сезона западный перенос воздушных масс обеспечивает влажность в регионе, а сибирский антициклон способствует сухим и холодным условиям в зимнее время. Кроме того, в пределах восточной Монголии располагается западная граница восточноазиатского муссона [1]. Особенности взаимодействия и чередования этих факторов обуславливают как межгодовую динамику, так и многолетние тенденции изменений климата и ландшафтов региона [2; 3]. Степная растительность покрывает большую часть территории, которая представляет собой переходную зону между сибирской тайгой на севере и пустыней Гоби на юге [4].

Не смотря на значительное количество исследований развития окружающей среды этого региона, все еще сохраняются разногласия связанные с пространственно-временными закономерностями климатических изменений голоцена на севере Монгольского нагорья. Причина этого заключается в ограниченном разнообразии природных архивов и несбалансированном пространственном распределении исследуемых участков [5]. Большинство палеогеографических исследований в Монголии были сосредоточены на

изучении озерных отложений [Fowell et al., 2003; Katsuta et al., 2017; Khenzykhenova et al., 2021; Prokopenko et al., 2007; Tian et al., 2022; Wang et al., 2009]. Вместе с тем на севере Монголии широко представлены лёссовидные отложения содержащие погребенные почвы [9].

Наши работы проводились на лёссово-почвенном разрезе Шаамар расположенном на севере Монголии. Во время полевых работ было выполнено подробное морфологическое описание разреза и произведен детальный отбор образцов для анализа физико-химических свойств отложений. Также непосредственно на разрезе с помощью измерителя магнитной восприимчивости ZHstruments SM-30 была измерена объемная магнитная восприимчивость.

Гранулометрический анализ выполнялся лазерно-дифрактометрическим методом на анализаторе размеров частиц Malvern Mastersizer 3000. С целью оценки содержания органического вещества и карбонатов выполнено определение потерь при прокаливании (ППП). Радиоуглеродное датирование образцов проведено в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» ИГ РАН и в Центре изотопных исследований Университета Джорджии (США). Палинологический анализ выполнен по стандартной методике, разработанной в Институте географии РАН, которая является модификацией сепарационного метода (Гричук, 1949). Изучение микростроения лёссовых отложений в шлифах из микромонолитов проведено на поляризационном микроскопе (Carl Zeiss HBO 50, CarlZeissAG, Oberkochen, Германия) в Центре коллективного пользования ИФХиБПП РАН, г. Пущино.

Изученная часть разреза Шаамар представляет покровный комплекс террасы мощностью около 4.5 м. В ее строении выделено 9 литологических слоев (рис. 1). Среди них были выделены две хорошо развитые палеопочвы (ShPS 1, ShPS 2) и шесть слабо развитых (инициальных) палеопочвы (рис. 1).

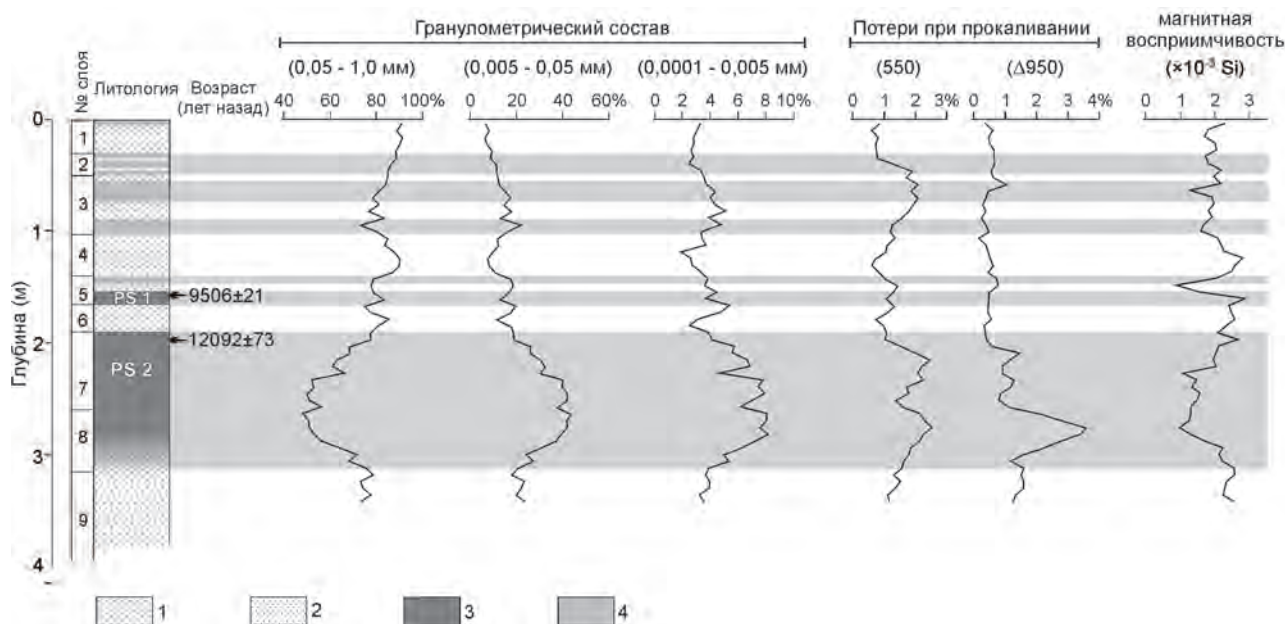


Рис. 1. Лито- педостратиграфия и хронология разреза Шаамар (1 – песок, 2 – супесь, 3 – хорошо развитая палеопочва, 4 – инициальная палеопочва)

Самая нижняя погребенная почва ShPS 2, находится в средней части обнажения на глубинах 190-315 см, и имеет относительно полный почвенный профиль. Основными элементарными почвообразующими процессами являются гумусонакопление и иллювиирование карбонатов. Ее можно определить, как черноземную. Радиоуглеродный возраст горизонта Ah ShPS 2 составляет 10300±60 л.н. (12092±73 кал. л.н. – IGAN-8385). По данным гранулометрического состава максимум содержания глинистой и пылеватой

фракций, а также минимум песчаной фиксируется в средней части нижней погребенной почвы ShPS 2. Значения ППП 550°C, указывающие на количество органического вещества в отложениях, имеют максимум в самой нижней палеопочве ShPS 2. Значения ППП 950°C – 550°C, отражающие содержание карбонатов, опять же, в самой нижней палеопочве ShPS 2 достигают пиковых значений в 3.5%. По микроморфологическим наблюдениям в нижней почве (ShPS 2) преобладают аридные признаки, связанные с перераспределением карбонатов, а также довольно хорошо выражена активность биоты. Палинологический анализ показал, что и образцах из нижней погребенной почвы ShPS2 содержится пыльца *Asteraceae* и споры *Lycopodium*, а также почвенные грибы *Glomus* и почвенный клещ (рис. 2). Это почва степного типа, развивавшаяся в условиях аридной климатической обстановки.

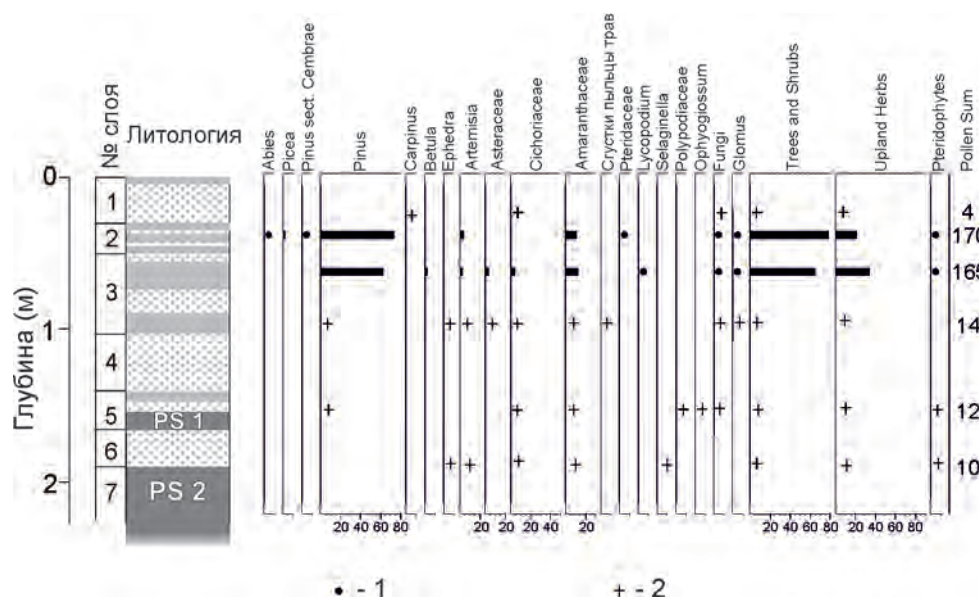


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Шаамар. 1 – малое количество палиноморф, 2 – единичные экземпляры

Вышележащая толща сложена более опесчаненным материалом. Слои выделяются в основном по цвету и содержанию маломощных гумусовых прослоев среди эолового палевого материала. Среди семи выделенных почвенных горизонтов только одна представлена как хорошо развитая палеопочва ShPS 1, а остальные шесть – это слаборазвитые или инициальные палеопочвы (Рис. 1). Радиоуглеродный возраст ShPS 1 составляет 8500 ± 35 л.н. (9506 ± 21 кал. л.н. – IGAN-8384). В отложениях палеопочвы ShPS1 встречены единичные палиноморфы, среди которых преобладает пыльца трав – *Asteraceae*, *Amaranthaceae*, *Artemisia* и *Ephedra*. Древесная группа представлена единичными зернами *Pinus*. Микроморфологический анализ показал, что верхняя почва ShPS 1 - с признаками текстурной дифференциации и переувлажнения, педогенные карбонаты отсутствуют. Это почва лесостепного или даже лесного типа.

Магнитная восприимчивость, измеренная в полевых условиях, не выявила значимой корреляции с педостратиграфией разреза (Рис. 1). Показатель имеет прямую корреляцию с фракцией песка и обратную с фракцией ила. Это указывает на литогенный магнитный сигнал, который в большей степени связан с осадконакоплением, чем почвообразованием.

По данным микроморфологического анализа эоловые отложения разреза Шаамар представлены неравномерно окатанными зернами мелкопесчаного (преобладают) и крупнопылеватого (существенно меньше) размера в основном, кварца и полевых шпатов. Наиболее представительные пыльцевые спектры получены для слоев 2 и 3 (Рис. 2). В спектре из гумусированного прослоя в верхней части слоя 3 доминирует пыльца деревьев (64.6%), в основном *Pinus*. Единично присутствуют зерна *Betula*. Травянистая группа представлена зернами *Amaranthaceae*, *Asteraceae* и *Artemisia*. На территории были широко представлены

сосновые леса, которые произрастали на возвышенностях. Лугово-степная растительность занимала низины. Отмечается увлажнение климата, способствовавшее расширению лесной растительности.

Таким образом, согласно нашим исследований, отчетливо фиксируется следующая картина климатических изменений: Нарастание температуры и увлажненности от позднеледниковья к началу голоцена; аридизация в середине голоцена; повышение увлажненности в конце голоцена. В позднеледниковье и раннем голоцене здесь преобладала степная и лугово-степная растительность. В среднем голоцене активизировались песчаные бури. В условиях постоянного накопления эолового материала почвы не успевали формировать развитый профиль, оставаясь инициальными. На территории преобладали сухие криоаридные степи. В позднем голоцене, в условиях относительного повышения влажности, на севере Монгольского нагорья стала распространяться лесная растительность. Наиболее благоприятные условия для почвообразования реконструированы для последнего позднеплейстоценового (беллинг-аллередского) интерстадиала и бореального периода голоцена.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда по проекту № 22-17-00265 (палеогеографическая реконструкция и интерпретация педостратиграфических данных). Лабораторная обработка проводилась с использованием инфраструктуры ИГ РАН в рамках темы государственного задания Института географии РАН FMWS-2024-0005. Микромофрологический анализ почв выполнен на оборудовании ЦКП ИФХиБПП РАН и в рамках выполнения Государственного научного задания 122040500036-9 (Хохлова О.С.).

Список литературы

1. Базарова В.Б., Климин М.А., Копотева Т.А. Голоценовая динамика восточноазиатского муссона в Нижнем Приамурье // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 124–133. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2018-3\(124-133\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(124-133))
2. Herzschuh U. Palaeo-moisture evolution in monsoonal Central Asia during the last 50,000 years // Quaternary Science Reviews. 2006. Vol. 25, Iss. 1–2. P. 163–178.
3. Wang W., Feng Z. Holocene moisture evolution across the Mongolian Plateau and its surrounding areas: a synthesis of climatic records // Earth Science Reviews. 2013. Vol. 122. P. 38–57.
4. Wesche K., Ambarlı D., Kamp J., Török, P., Treiber, J., Dengler, J. The Palaeartic steppe biome: a new synthesis // Biodiversity and Conservation. 2016. Vol. 25. Iss. 12. P. 2197–2231.
5. Klinge M., Sauer D. Spatial pattern of Late Glacial and Holocene climatic and environmental development in Western Mongolia – A critical review and synthesis // Quaternary Science Reviews. 2019. Vol. 210. P. 26–50.
6. Katsuta N., Matsumoto G., Tani Y., Tani E., Murakami T., Kawakami S., Nakamura T., Takano M., Matsumoto E., Abe O., Morimoto M., Okuda T., Krivonogov S., Kawai T. A higher moisture level in the early Holocene in northern Mongolia as evidenced from sediment records of Lake Hovsgol and Lake Erhel // Quaternary International. 2017. Vol. 455. P. 70–81.
7. Khenzykhenova F., Dorofeyuk N., Shchetnikov A., Danukalova G., Bazarova V. Palaeoenvironmental and climatic changes during the Late Glacial and Holocene in the Mongolia and Baikal region: A review // Quaternary International. 2021. Vol. 605-606. P. 300–328.
8. Prokopenko A., Khursevich G., Bezrukova E., Kuzmin M., Boes X., Williams D., Fedenya S., Kulagina N., Letunova P., Abzaeva A. Paleoenvironmental proxy records from Lake Hovsgol, Mongolia, and a synthesis of Holocene climate change in the Lake Baikal watershed // Quaternary Research. 2007. Vol. 68, P. 2–17.

9. *Lehmkuhl F.* The spatial distribution of loess and loess-like sediments in the mountain areas of Central and High Asia // *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementary Issues*. 1997. Vol. 111. P. 97–116.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ЛАНДШАФТНАЯ ИСТОРИЯ ДОЛИНЫ СРЕДНЕГО ДОНА В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ

В донных отложениях озера Погоново (Воронежская область) обнаружена одна из наиболее полных осадочных летописей позднеледниковья и голоцена для лесостепной зоны. Установлено, что озеро Погоново возникло в русловой ложбине около 15 тыс. л.н. после отмирания одного из рукавов позднеплейстоценового Палео-Дона. На основании спорово-пыльцевого анализа выявлено шесть стадий смены растительных сообществ на протяжении позднеледниковья и голоцена. Первые результаты диатомового анализа позволили дать оценку изменений относительной глубины и трофического статуса озера.

Ключевые слова: донные отложения, палеолимнология, палеорусла, история ландшафтов

E.A. Konstantinov¹, A.I. Rudinskaya¹, A.A. Chepuray^{1, 2}, A.L. Zakharov¹

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

ekonst@igras.ru

THE HYDROLOGICAL AND LANDSCAPE HISTORY OF THE MIDDLE DON RIVER VALLEY IN THE LATE GLACIAL AND HOLOCENE

In the bottom sediments of Lake Poganovo (Voronezh Oblast), one of the most complete sedimentary records of the Late Glacial and Holocene for the forest-steppe zone has been discovered. It was established that Lake Poganovo originated in a channel depression about 15 thousand years ago (ka) after the abandonment of one of the channels of the Late Pleistocene Paleo-Don. Based on spore-pollen analysis, six stages of plant community succession throughout the Late Glacial and Holocene were identified. The initial results of diatom analysis have allowed for an assessment of changes in the relative depth and trophic status of the lake.

Keywords: lake sediments, paleolimnology, paleochannels, landscape history

Введение. Подробные седиментационные летописи позднеледниковья и голоцена являются большой редкостью в бассейне среднего Дона. Донные отложения озера Погоново (N 51.429885°, E 39.081715°), расположенного на высокой пойме левого борта долины Дона, представляют большой интерес для региональных и локальных палеоландшафтных реконструкций. Интерес дополнительно подогревается археологическим контекстом: расположением озера в створе Костенковского комплекса палеолитических стоянок и находками мезолита непосредственно на берегу озера (Федюнин, 2006).

Материалы и методы. При помощи поршневого бура Ливингстона в южной части акватории озера Поногово был отобран керн донных отложений суммарной длиной 5.2 м. Нижние 30 см колонки представлены грубозернистым песком аллювиального происхождения. Выше залегает органоминеральная гиттия разного по содержанию органического, терригенного и карбонатного вещества состава. В ходе радиоуглеродного датирования была получена серия из 11 дат, позволившая построить глубинно-возрастную модель в программе rBacon (Blaauw, Christen, 2011). Для образцов, отобранных с шагом 20 см, был проведен спорово-пыльцевой анализ; диатомовый анализ проведен для отдельных образцов.

Результаты. Установлено, что вскрытые в скважине озерные отложения непрерывно накапливались в течение последних 15000 лет. По результатам спорово-пыльцевого анализа на этапе 15000-14000 л.н. преобладали открытые незалесенные пространства, занятые степной растительностью. На этапе 14000-10000 л.н. начинается экспансия древесной растительности, представленной преимущественно мелколиственными ассоциациями из березы и ивы, расселявшимися по долинам рек, а также сосной, занимавшей, вероятно, речные террасы; на плакорах по-прежнему доминируют степные ландшафты. Усиление экспансии древесной растительности происходит на этапе 10000–6000 л.н., в составе начинают преобладать широколиственные породы – дуб, вяз. Древесная растительность выбирается на плакоры и степные ландшафты сменяются лесостепными. Этап 6000-4000 л.н. характеризуется постепенным снижением доли древесной растительности и сменой ее видового состава, широколиственные формации становятся более разреженными, в подлеске появляется лещина и ольха. На этапе 4000-2000 л. н. на плакорах вновь начинают доминировать степные и лугово-степные ландшафты. В течение последних 2000 л.н. происходит расширение площадей древесных пород, среди которых преобладают береза, ольха и сосна.

Результаты диатомового анализа позволяют предварительно заключить, что интервалы 15000-12500 л.н. и последние 3000 л.н. характеризовались неблагоприятными условиями для обитания либо сохранности диатомей в осадке. На этапе 12500-3000 л.н. диатомовые ассоциации в целом характеризуются преобладанием видов-обрастателей и значительным содержанием бентосных диатомей, что указывает на условия неглубокого водоема; большая часть идентифицированных диатомей предпочитает мезотрофные местообитания.

Заключение. Таким образом, в донных отложениях озера Погонова обнаружена одна из наиболее подробных осадочных летописей позднеледникового и голоцена для лесостепной зоны. Установлено, что озеро Погоново возникло в русловой ложбине около 15000 кал. л. н. после отмирания одного из рукавов Дона. На основании спорово-пыльцевого анализа восстановлены шесть стадий смены растительных сообществ в окрестностях озера. В первом приближении реконструирована относительная глубина и трофический статус озера на протяжении голоцена.

Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Федюнин И.В. Мезолитические памятники Среднего Дона // Воронеж: Изд. ВГПУ, 2006. С. 197–208.
2. Blaauw M., Christen J. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. Vol. 6. Iss. 3. P. 457–474. <https://doi.org/10.1214/11-BA618>

Е.А. Кошелева
РГПУ им. А.И.Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия
koshelevaelen@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ В РАННЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Географические информационные технологии в эволюционной географии занимают особое место, поскольку объединяет в одном комплексном исследовательском проекте разнообразную информацию, обеспечивает единое пространственное представление результатов мультидисциплинарного исследования, что значительно облегчает реконструкцию условий природной среды.

Ключевые слова: ГИС, база данных, Фенноскандия, спорово-пыльцевой анализ, палеоклимат

Е.А. Kosheleva
Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia
koshelevaelen@yandex.ru

THE USE OF GIS TECHNOLOGIES TO VISUALIZE THE RECONSTRUCTION OF PALEOCLIMATIC DATA OF EASTERN FENNOSCANDIA IN THE EARLY HOLOCENE

Geographic information technologies occupy a special place in evolutionary geography because they combine diverse information in one comprehensive research project and provide a unified spatial representation of the results of multidisciplinary research, which greatly facilitates the reconstruction of environmental conditions.

Keywords: GIS, database, Fennoscandia, spore-pollen analysis, paleoclimate

Реконструкция палеоклиматических изменений является очень значимой и важной для понимания процессов, происходящих на территории исследования. Эти данные позволяют дать характеристику ряда метеозлементов ландшафта и дают возможность определить его зональную принадлежность в разные этапы голоцена.

В настоящее время активно применяются методы ГИС-моделирования, что позволяет исследователю автоматизировать решение множества задач, начиная от вычисления расстояний и площадей, и заканчивая построением моделей сложных геосистем и процессов с целью управления и прогнозирования будущих состояний [5].

Материалы и методы. Реконструкция отдельных компонентов ландшафта, таких как климатические показатели, типы растительности и почвенного покрова, изменения функционирования болотных систем позволяет произвести реконструкцию ландшафта в целом.

Растительность весьма быстро реагирует на всякие изменения климатических условий, а, следовательно, изменяется и количество пыльцы, продуцируемой этой растительностью. Спорово-пыльцевой анализ, за счет хорошей сохранности спор и пыльцы растений, дает представление о целом растительном комплексе, господствовавшем в прошлом в данной местности.

Для любого рода или вида, входящего в изучаемое растительное сообщество, можно вычислить вероятность его существования для любой конкретной температуры и для любого количества осадков. При помощи различных математических методов можно рассчитать наиболее вероятную температуру января и июля, при которой будет благоприятно

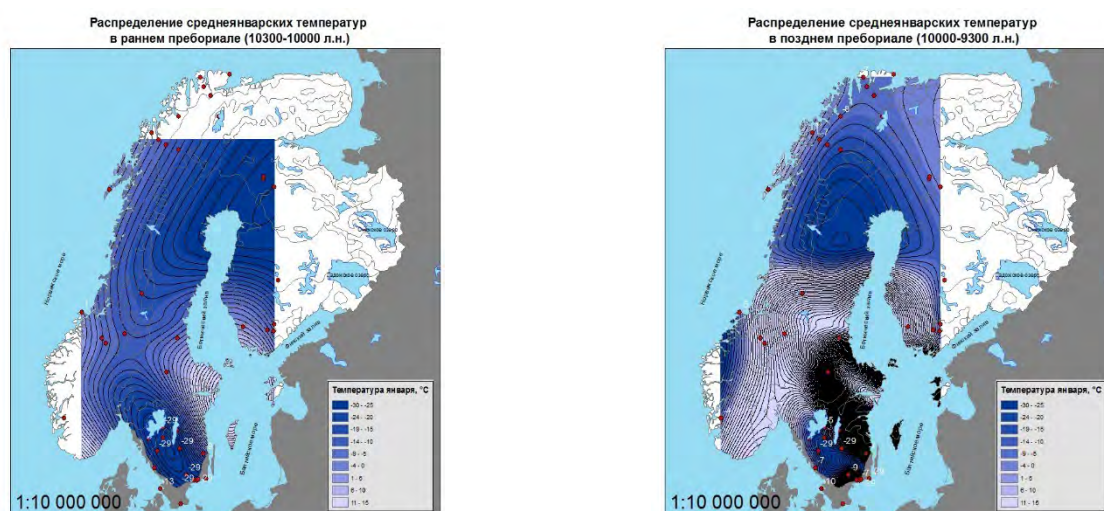
существовать все растительное сообщество. Несмотря на длительные исследования климата голоцена, в литературе [4] отсутствуют однозначные представления о длительности и амплитудах теплых и холодных, сухих и влажных периодов. Причины такого положения кроются в том, что для суждений об изменениях климата суши в голоцене обычно используют разные варианты палинологического метода [1; 4]. Суть его состоит в определении «типичных» современных палинологических спектров в наиболее часто встречающихся вариантах сообществ каждой конкретной территории и одновременном определении усредненных климатических характеристик этой территории – *метод климатических аналогов*. Следует отметить, что использование этого широко распространенного метода может привести к ошибочным результатам при реконструкции природных условий конца плейстоцена – голоцена. Такое заключение сделано по двум причинам. Во-первых, постепенное исчезновение большого числа ключевых видов (в первую очередь животных), которое не компенсировалось появлением новых видов того же трофического уровня, существенно изменило структуру природных биоценозов и привело к изменению ареалов не только подчиненных видов, но и ключевых видов животных и растений. По представлениям Л. Г. Динесмана [3] эти изменения не были климатически обусловленными – они представляли собой реакцию биоты на внутриценотические изменения. Во-вторых, современные ареалы ключевых видов растений и животных и современное зональное членение растительного покрова и животного мира в значительной степени отражают результаты мощных антропогенных преобразований биоты и экотопа [8]. В-третьих, нередко отдельные виды представлены в спорово-пыльцевом спектре долями процента, которые не могут иметь репрезентативный характер.

Изначально на основе геоинформационной системы «LGT-HOLOCENE FENNOSCANDIA», начатого в 2009 г. [5; 6] было отобрано более 30 ключевых участков, имеющих наиболее полные спорово-пыльцевые спектры, обеспеченные радиоуглеродным датированием.

Климатические условия палеоландшафтов были восстановлены по палинологическим данным с использованием *теории вероятности* [7], а также корректироваться с помощью *ареалограмм флористического комплекса* [2].

Для визуализации полученных палеоклиматических данных использовалась интерполяция по методу локальных полиномов. Инструмент программы ArcGIS *сплайн* (Spline) использует метод интерполяции, который оценивает значения, используя математические функции, которые сводят к минимуму общую кривизну поверхности, что приводит к построению сглаженной поверхности, которая проходит точно через входные точки.

В результате была получена серия карт для разных периодов раннего голоцена (рис. 1 а-в).



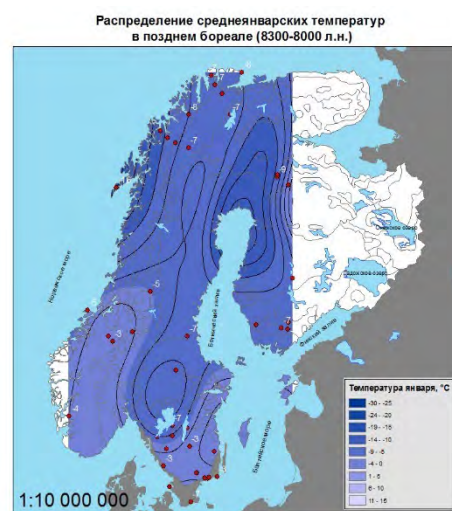


Рис. 1 а. Средняя температура января для периодов раннего голоцена

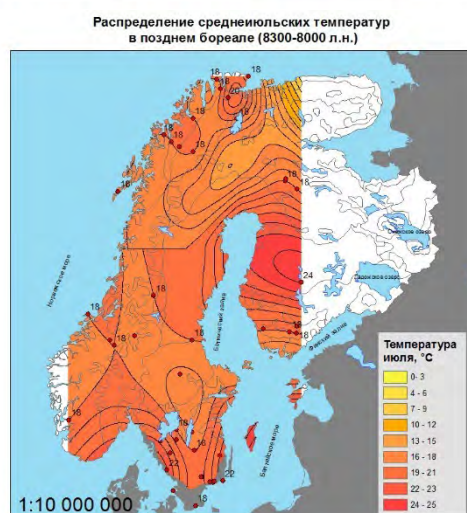
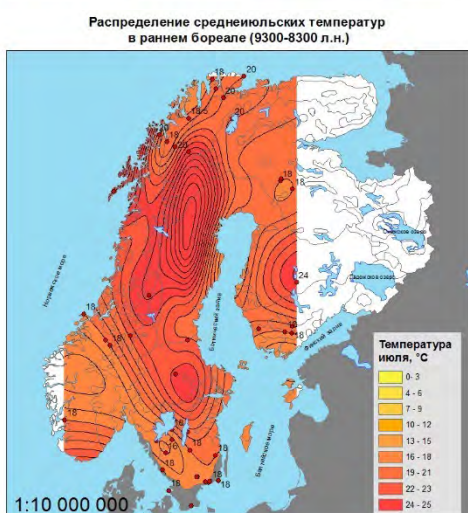
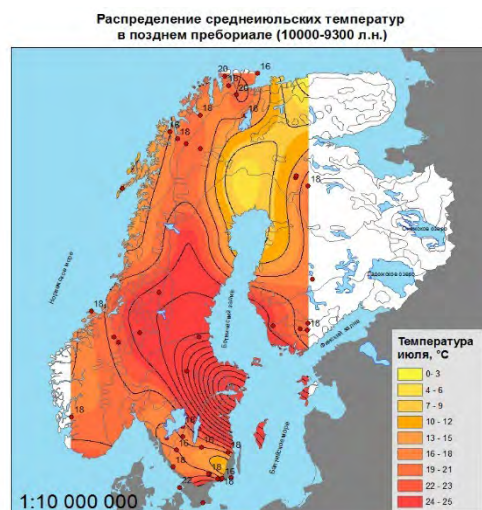
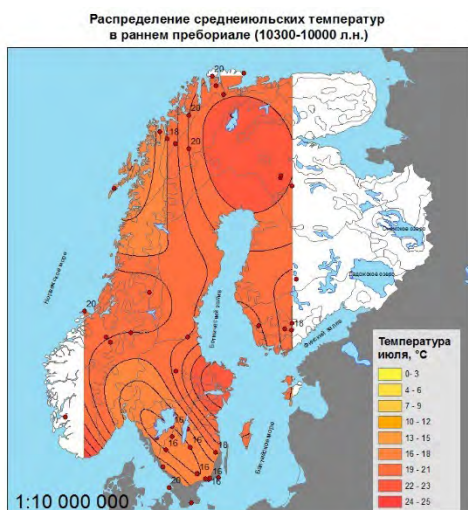


Рис. 1 б. Средняя температура июля для периодов раннего голоцена

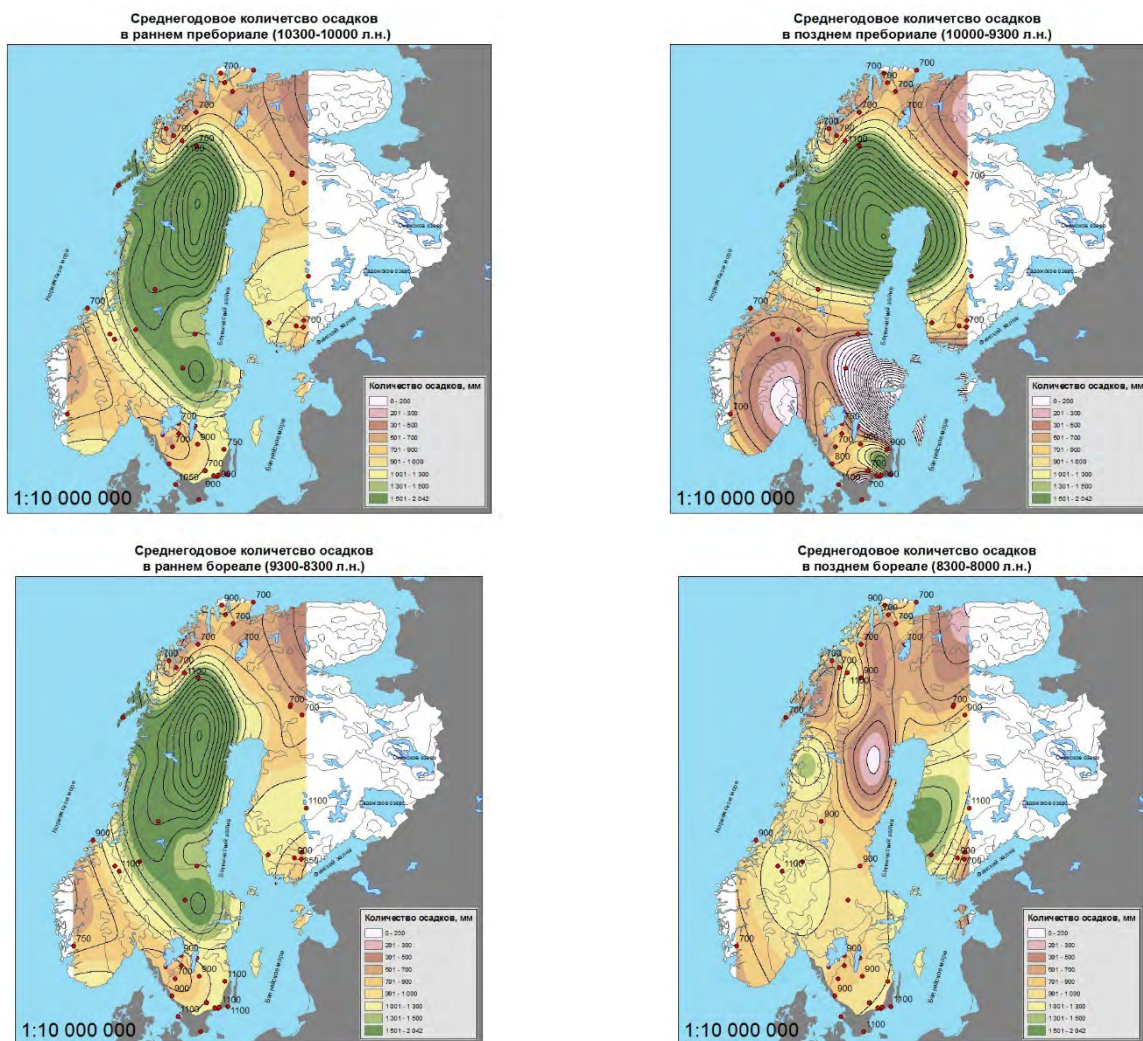


Рис. 1 в. Среднегодовое количество осадков для периодов раннего голоцена

Список литературы

1. Авенариус И.Г., Муратова М.В. Климатические условия и некоторые черты ландшафтов Северной Евразии в эпоху голоценового климатического оптимума // Палеогеография Северной Евразии в позднем плейстоцене – голоцене и географический прогноз. М.: Наука, 1978. С. 42–53.
2. Гричук В.П. Реконструкция скалярных климатических показателей по флористическим материалам и оценка ее точности // Методы реконструкции палеоклиматов. М.: Наука, 1985. С. 39–63.
3. Динесман Л.Г. Экология растений и животных и количественная биоиндикация палеоклиматов // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: Наука, 1989. С. 48–51.
4. Климанов В.А. Климат Северной Евразии в позднеледниковье и голоцене (по палинологическим данным). Диссер. ... д-ра геогр. наук. М., 1996. 427 с.
5. Кошелева Е.А., Кошелев С.А. Географическая информационная система «LGT – HOLOCENE FENNOSCANDIA» // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011: Материалы международной научно-практической конференции. Вып. 4. Т. 4. Одесса: Черноморье, 2011. С. 32–35.
6. Кошелева Е.А., Кошелев С.А., Субетто Д.А. База палеогеографических данных «LGT-HOLOCENE FENNOSCANDIA». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620220, 06.02.2015.

7. Муратова М.В., Боярская Т.Д., Либерман А.А. Применение теории вероятности для восстановления палеоклиматических условий по данным палинологического анализа // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. С. 239–246.
8. Смирнова О.В. Восточноевропейские широколиственные леса. М.: Наука, 1994. 364 с.

РАЗМЕРЫ МОРСКИХ ЕЖЕЙ АЛЕУТСКИХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ (ПО АРХЕОЗООЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

Морские ежи, массовый материал в археологических памятниках Алеутских островов, являются ценным источником для реконструкции истории прибрежных экосистем. В данном исследовании для обработки больших выборок был успешно апробирован высокоэффективный метод автоматического измерения ротул (элементов ротового аппарата ежа) с использованием специализированного ПО на Python. Анализ размерной структуры популяций ежей из памятников разных островов выявил статистически значимую разницу их средних размеров, что позволяет использовать их для дальнейшей работы по изучению истории экосистем Алеутских о-вов в голоцене.

Ключевые слова: *Strongylocentrotus* spp., Алеутские о-ва, голоцен

О.А. Krylovich, A.B. Savinetsky, A.B. Savinetsky
A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS, Moscow, Russia
okrylovich@gmail.com

SIZE OF SEA URCHINS IN THE ALEUTIAN ISLANDS DURING THE HOLOCENE (BY ARCHAEOZOOLOGICAL DATA)

Sea urchins, which are found in large quantities at archaeological sites across the Aleutian Islands, represent a valuable data archive for reconstructing the history of coastal ecosystems. This study successfully tested a highly efficient method for the automated measurement of rotula (elements of the urchin's jaw apparatus) from large archaeological assemblages using specialized Python software. Analysis of the size structure of urchin populations from sites on different islands revealed statistically significant differences in their mean sizes, providing a foundation for further research into the history of the Aleutian Island ecosystems during the Holocene.

Key words: *Strongylocentrotus* spp., Aleutian Islands, Holocene

Морские ежи рода *Strongylocentrotus* на протяжении тысячелетий являлись важным объектом промысла древних охотников и собирателей в северной Пацифике [2; 3; 8]. Прибрежное аборигенное население собирало их в литоральной и сублиторальной зонах, используя в пищу гонады и икру. Благодаря уникальному строению панциря, представляющего собой сферу из многочисленных известковых пластинок, остатки морских ежей в огромных количествах встречаются в культурных слоях древних прибрежных поселений. Это делает их ценным источником палеоэкологической информации.

Помимо пластинок панциря, у морских ежей есть сложный жевательный аппарат – Аристотелев фонарь, состоящий из 35 элементов [1]. Этот аппарат служит ежу для соскабливания и обгрызания водорослей и обрастателей с субстрата. Важно, что его элементы растут пропорционально общему диаметру животного, что позволяет реконструировать размеры особей, добывавшихся древним населением, по сохранившимся фрагментам [2; 3].

История популяций морских ежей представляет особый интерес для понимания развития и динамики прибрежных экосистем, в частности, подводных лесов бурых водорослей (kelp forests) [2; 3]. Морские ежи являются ключевыми участниками трофического каскада в прибрежных водах Северной Пацифики. Они играют значительную роль в существовании подводных лесов, так как способны выедать крупные бурые

водоросли и сокращать площади подводных лесов. Согласно современным экологическим теориям, интенсивный промысел древним человеком каланов – главных хищников, регулирующих численность морских ежей, – мог освобождать ежей от пресса хищников [2; 3]. Это, в свою очередь, приводило к резкому росту популяций ежей и последующему сокращению площадей подводных лесов из-за их чрезмерного выедания. Таким образом, реконструкция размерной структуры популяций морских ежей в прошлом может служить косвенным индикатором уровня давления хищников (в первую очередь, каланов) и состояния всей экосистемы в целом.

Для подобных реконструкций необходим надежный и эффективный метод измерения большого количества остатков. Ранее в работах на Алеутских островах и Калифорнии использовались демипирамиды – элементы, удерживающие зуб [2; 3]. Однако они довольно хрупки, и их не всегда можно набрать в достаточном количестве. В ротовом аппарате морских ежей присутствуют ротулы, почти прямоугольные и плоские пластинки, по 5 штук на каждую особь. Они менее подвержены разрушению в процессе захоронения и залегания в отложениях. Настоящее исследование ставит перед собой цель разработать и апробировать удобный и сравнительно быстрый метод измерения ротул для реконструкции размеров морских ежей из археологических памятников Алеутских о-вов (Аляска, США) и оценить его потенциал для реконструкции исторической динамики прибрежных экосистем.

Для исследования был использован материал, отобранный на ряде археологических памятников Алеутских островов: о. Уналашка (UNL-061), о. Чугинадак (CG-02), о. Карлайл (CR-02), о. Адак (ADK-171, ADK-009) и о. Булдырь (KIS-008). Периоды существования поселений различаются (Таблица), так же, как и метод сбора материала в полевых условиях. В первую очередь отличались размеры ячеи сита при промывании материала.

Для перевода линейных размеров ротул в диаметр панциря ежа необходимо было разработать калибровочное уравнение. Для этого была использована коллекция современных морских ежей *Strongylocentrotus* spp. с Четырехсопочных о-вов (Алеутские о-ва, N=73), для которых были известны как диаметры панциря (D, мм), так и размеры их ротул (H, мм). Важно отметить, что точное определение вида морских ежей по ротулам, в настоящее время затруднено [1]. В районе Алеутских островов встречаются два морфологически сходных вида — *S. polyacanthus* и *S. droebachiensis*, — чьи элементы ротового аппарата надежно не дифференцируются. Таким образом, использованное уравнение является обобщенным для рода *Strongylocentrotus* и должно применяться с учетом данной оговорки. На основе этих данных методом регрессионного анализа было получено уравнение зависимости: $D = -5.27 + 10.7 * H_{mm}$, где H_{mm} – высота ротулы в миллиметрах, а D – диаметр панциря в мм.

Отобранные из археозоологического материала ротулы сканировались на плоском сканере с разрешением 2400 dpi на черном фоне для обеспечения максимального контраста. Для автоматизации процесса измерения линейных размеров (высоты) ротул был написан специальный скрипт на языке программирования Python. Скрипт использовал библиотеки компьютерного зрения OpenCV (cv2) и NumPy. Программа автоматически детектирует целевые объекты на изображениях, применяя бинаризацию, морфологические операции и поиск контуров, а затем вычисляет и экспортирует их линейные размеры в пикселях и миллиметрах в сопроводительный CSV-файл. Для каждого проанализированного изображения также сохраняется результат с визуализацией обнаруженных контуров.

Все автоматически обработанные изображения впоследствии подвергались визуальной проверке для идентификации возможных ошибок (распознавание мусора, сдвоенных объектов, неправильных контуров). Также оценивалась сохранность каждой ротулы: деформированные или сломанные экземпляры отмечались и не использовались для расчета диаметра панциря.

Всего в ходе исследования было автоматически обработано и вручную верифицировано порядка пятидесяти тысяч изображений ротул. Важным результатом является успешная апробация методики автоматического измерения, которая показала свою эффективность при работе с большими археологическими выборками.

Анализ сохранности ротул (доля неповрежденных, то есть пригодных для реконструкции размеров) на разных памятниках показал значительную вариабельность (табл. 1). Наименьший процент целых, пригодных для измерения ротул был зафиксирован в слоях памятника о. Карлайл CR-02 (41-62%), что, вероятно, связано с наличием мощных вулканических пеплов в культурном слое, ухудшающих сохранность зоологического материала. Наилучшая сохранность наблюдалась на памятниках о. Адак ADK-009 (94%) и Адак ADK-171 (83%), что может быть обусловлено особенностями почвенных условий.

Таблица 1. Результаты анализа ротул и размерные характеристики морских ежей из сборов древних жителей Алеутских островов

Остров и археологического памятника код	Период (лет назад) [источник]	Число целых ротул	Среднее $\pm$ стандартное отклонение (мм)	% целых ротул	Размер ячеи сита при отборе материала в поле (мм)
Уналашка, UNL-061	2900-2700 [6]	27957	40,7 $\pm$ 5,6	77	1,2 x 1,2
Чугинадак, CG-02	2800-2000 [7]	2289	54,6 $\pm$ 7,4	72	1,2 x 1,2
Карлайл, CR-02 Unit 4	2900-1850 [7]	1675	59,3 $\pm$ 9,1	41	1,2 x 1,2
Карлайл, CR-02 Unit 5	~400 [7]	1670	60,5 $\pm$ 8,6	47	1,2 x 1,2
Карлайл, CR-02 Unit 2	~150 [7]	200	64,8 $\pm$ 7,1	62	6,4
Адак, ADK-171	~6700 [11]	50	69,5 $\pm$ 10,3	83	6,4
Адак, ADK-009	800-300 [5]	2380	61,3 $\pm$ 7,9	94	6,4
Булдырь, KIS-008	650-100 [9]	896	62,8 $\pm$ 8,9	89	6,4

Скрипт показал высокую точность детектирования на чистых изображениях с высоким контрастом. Основные ошибки возникали в случаях загрязнения стекла сканера или при недостаточной контрастности изображения, когда край ротулы сливался с фоном. Минимизировать ошибки позволяют тщательная очистка рабочей поверхности сканера, корректировка параметров бинаризации в скрипте или увеличение контрастности изображений, полученных на сканере.

На основе измерений ротул и использования регрессионного уравнения был реконструирован размерный состав морских ежей для каждого археологического памятника (Таблица). Статистический анализ (критерий Крускала-Уоллиса) показал, что средние размеры ежей достоверно различаются между большинством памятников (за исключением случаев с малой выборкой, например, ADK-171 или CR-02 Unit2). Распределение размеров во всех случаях, кроме памятника Чугинадак CG-02, отличалось от нормального.

На данный момент уже прослеживается хронологическая тенденция: в более древних памятниках (UNL-061, CG-02) средние размеры ежей существенно меньше, чем в более поздних (слои Unit 2 и Unit 5 на о. Карлайл, памятники на о. Адак и о. Булдырь). Однако, чтобы подтвердить эту тенденцию требуется дополнительная работа, при которой надо учитывать и возможное влияние полевого способа отбора материала, а именно разного размера ячеи сит.

Разработанная методика, сочетающая высокоточное сканирование ротул и их автоматическое измерение с помощью специализированного Python-скрипта, доказала свою эффективность для обработки больших археологических выборок. Данный подход значительно ускоряет и стандартизирует процесс измерения по сравнению с ручными методами с использованием бинокля или штангенциркуля.

Ротулы, как элемент Аристотелева фонаря, являются более удобным материалом для реконструкции размеров морских ежей по сравнению с хрупкими демипирамидами.

Для точной реконструкции абсолютных размеров необходимо использовать калибровочные уравнения, полученные для конкретного вида и, возможно, конкретного региона обитания, так как пропорции Аристотелева фонаря могут варьировать в зависимости от диеты и условий среды [4; 10].

Предварительные результаты реконструкции размеров демонстрируют статистически значимые различия между популяциями морских ежей в разные хронологические периоды на разных островах. Однако для дальнейших исследований необходимо прояснить влияние на размерный состав популяций других факторов, например особенностей строения литоральной зоны разных островов.

Полученные данные создают основу для детальной реконструкции истории антропогенного воздействия на морские экосистемы Северной Пацифики на протяжении последних 7000 лет. Дальнейшие исследования должны быть направлены на увеличение выборки, уточнение калибровочных уравнений и комплексный анализ данных о размерах ежей совместно с археозоологическими данными о промысле каланов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 25-14-00427.

Список литературы

1. Бажин А.Г., Степанов В.Г. Морские ежи семейства Strongylocentrotidae морей России. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2012. 196 с.
2. Ainis A. Using sea urchin remains to infer the health of kelp forest ecosystems in the past: Identification, quantification, and allometric reconstructions of harvested sea urchin (*Strongylocentrotus* spp.) on California's Channel Islands // The Journal of Island and Coastal Archaeology. 2022. Vol. 17. Iss. 2. P. 246–273.
3. Corbett D., Causey D., Clementz M., Koch P., Doroff A., Lefevre C., West D. Aleut Hunters, Sea Otters, and Sea Cows: Three Thousand Years of Interactions in the Western Aleutian Islands, Alaska // Human Impacts on Ancient Marine Ecosystems: A Global Perspective. Berkeley: University of California Press, 2008. P. 43–76.
4. Ebert T.A. Relative growth of sea urchin jaws: an example of plastic resource allocation // Bulletin of Marine Science. 1980. Vol. 30. Iss. 2. P. 467–474.
5. Khasanov B., Fitzhugh B., Nakamura T., Okuno M., Hatfield V., Krylovich O., Savinetsky A. New data and synthesis of ΔR estimates from the northern Pacific Ocean // Quaternary Research. 2022. Vol. 108. P. 150–160.
6. Krylovich O., Samsonov S., Kuzmicheva E., Savinetsky A. Isotopic Variability in Bone Collagen of Short-Tailed Albatrosses (*Phoebastria albatrus*) in the Bering Sea Area during the Holocene // Biology Bulletin. 2024. Vol. 51. Iss. 3. P. 791–799.
7. Krylovich O., Vasyukov D., Khasanov B., Hatfield V., West D., Savinetsky A. Hunter-gatherers subsistence and impact on fauna in the Islands of Four Mountains, Eastern Aleutians, Alaska, over 3000 yr // Quaternary Research. 2019. Vol. 91. Iss. 3. P. 983–1002.
8. Lawrence J. Edible Sea Urchins: Use and Life-History Strategies // Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Amsterdam: Elsevier, 2007. P. 1–9.
9. Lefevre C., Corbett D. Appendix G – WAAPP Radiocarbon Dates // The People at the End of the World: The Western Aleutians Project and the Archaeology of Shemya Island. USFWS, 2010.
10. Pederson H., Johnson C. Growth and age structure of sea urchins (*Heliocidaris erythrogramma*) in complex barrens and native macroalgal beds in eastern Tasmania // ICES Journal of Marine Science. 2008. Vol. 65. Iss. 1. P. 1–11.
11. Savinetsky A., West D., Antipushina Zh., Khasanov B., Kiseleva N., Krylovich O., Pereladov A. The reconstruction of ecosystem history of Adak Island (Aleutian Islands) during the Holocene // The People Before: The Geology, Paleoecology and Archaeology of Adak Island, Alaska. Oxford: Archaeopress, 2012. (British Archaeological Reports International Series; Vol. 2322). P. 77–106.

Е.Д. Кряжевских, Е.В. Зиновьев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

kriazhevskikhel@gmail.com

ДИНАМИКА ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ ДОЛИНЫ РЕКИ ГЛУБОКИЙ САБУН (ХМАО-ЮГРА, НИЖНЕВАРТОВСКИЙ Р-Н) В СРЕДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ – ГОЛОЦЕНЕ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ "ЗЕЛЕНый ОСТРОВ"

Рассмотрен энтомологический материал из среднеплейстоценовых отложений местонахождения «Зелёный остров», расположенного в долине реки Глубокий Сабун (Нижевартровский р-н ХМАО-Югры). Показано доминирование холодостойких (арктических и арктобореальных) видов жесткокрылых, указывающих на условия холодного климата. Полученные данные сопоставлены с результатами изучения насекомых из других отложений этого же местонахождения, а также из других точек долины реки Глубокий Сабун, отнесенных к среднему и позднему плейстоцену и раннему голоцену. Установлено принципиальное сходство энтомокомплексов из средне- и позднеплейстоценовых отложений, тогда как раннеголоценовая фауна точки «Зеленый остров» показывает условия более тёплого климата.

Ключевые слова: средний плейстоцен, насекомые, палеоэкологические реконструкции, история энтомофаун, Западно-Сибирская равнина

E.D. Kriazhevskikh, E.V. Zinovyev

Institute of Plant and Animal Ecology UrB RAS, Ekaterinburg, Russian Federation

kriazhevskikhel@gmail.com

DYNAMICS OF ENTOMOCOMPLEXES IN THE VALLEY OF THE DEEP SABUN RIVER (KHAMAO-YUGRA, NIZHNEVARTOVSKY DISTRICT) IN THE MIDDLE PLEISTOCENE – HOLOCENE ON THE EXAMPLE OF THE LOCATION "ZELENY OSTROV"

The subfossil insect data from the Middle Pleistocene deposits of the Zeleny Ostrov locality, situated in the Gluboki River valley (Nizhnevartovsk District, Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra), has been studied. The dominance of cryophilous species of Coleoptera indicates the presence of a cold climate conditions. These findings have been compared with the results of studies of insects from other deposits of the same locality, as well as from other locations in the Gluboki River valley, which date back to the Middle and Late Pleistocene and Early Holocene periods. The fundamental similarity of entomocomplexes from the Middle and Late Pleistocene deposits has been established, while the Early Holocene fauna of the Green Island site indicates a warmer climate.

Keywords: Middle Pleistocene, subfossil insects, paleoenvironmental reconstructions, history of insect faunas, West-Siberian plain

Исследованы остатки насекомых, найденных в плейстоценового местонахождения «Зеленый остров», расположенного в среднем течении реки Глубокий Сабун (ХМАО-ЮГРА, Нижневартровский р-он, координаты 62°29'46" с.ш. и 81°51'53" в.д). Ранее из этой точки исследовались фрагменты насекомых, результаты исследования которых отражены в нескольких публикациях [2; 3; 5]. Полученные нами данные позволяют дополнить уже имеющиеся сведения и более полно проследить динамику энтомокомплексов на этой территории в четвертичном периоде. Исследуемый образец взят в 2023 в ходе экспедиционных работ сотрудником лаборатории Филогенетики и биохронологии ИЭРиЖ УрО РАН к.г.-м.н. Коркиным Сергеем Евгеньевичем в нижней части разреза Зеленый остров, с глубины 4,55–5,07 м. Предполагаемый возраст исследуемого слоя в настоящее время оценивается как средний плейстоцен (устное сообщение С. Е. Коркина).

Результаты изучения насекомых из исследуемого образца представлены в Таблице 1. Как видно из нее, преобладающей группой насекомых в данном местонахождении являются жуки (отряд *Coleoptera*), что характерно для подавляющего числа четвертичных отложений, Жесткокрылые отнесены к 5 семействам – *Dytiscidae*, *Carabidae*, *Hydrophilidae*, *Staphylinidae* и *Curculionidae*. Наиболее массовой группой были жужелицы (*Carabidae*), к ним отнесено 8 таксонов. По соотношению экологических групп в данном образце преобладают тундровые мезогидрофилы (группа *mt*, 63,2%), также хорошо представлена группа видов, населяющих дренированные участки тундры (группа *dt*, 10,5%). По широтно-зональным группам преобладают арктобореальные (55%) и арктические группы (18%) насекомых. Исходя из этого можно сделать вывод, что в точке «Зеленый остров» представлен арктический тип фауны [6].

Было проведено сравнение исследуемого материала с энтомокомплексами как из других слоев местонахождения «Зеленый остров», так и с другими плейстоценовыми местонахождениями, расположенными в долине реки Глубокий Сабун — «Глухарина гора», «Мертвая гора» и «Большая гора», описанными ранее [3].

При сравнении таксономических списков всех точек было установлено (Таблица 2), что арктические виды *Pterostichus costatus*. и *Isochnus arcticus* встречаются во всех перечисленных точках, кроме верхнего слоя местонахождения «Зеленый остров» (слой с глубины 1–1,4 м), относящегося к началу раннего голоцена. В точках «Глухарина гора», «Мертвая гора» и среднем слое местонахождения «Зелёный остров» встречаются такие криофильные виды, как *Pterostichus vermiculosus* и *Pterostichus cf. pinguedineus*. В точке «Большая гора» были также отмечены *Tachinus arcticus* и *Curtonotus alpinus*, которые были найдены в среднем слое (с глубины 3,85–4,15 м) точки «Зеленый остров» и местонахождения «Глухарина гора». Виды *Bembidion (Ocydromus) sp.* и *Diacheila polita* встречаются в точке «Глухарина гора» и в слоях с глубин 1–1,4 м и 4,55–5,07 м местонахождения «Зеленый остров».

На основании этого можно предполагать сходство энтомофаун из отложений плейстоценового возраста, представленных в перечисленных местонахождениях. Встреченные виды в основном относятся к криофильным видам, имеющим современное арктическое и арктобореальное распространение, что указывает на условия холодного климата. В то же время раннеголоценовый комплекс из верхней части местонахождения «Зеленый остров» указывает на более теплый климат, который, тем не менее, был несколько более суровым по сравнению с современным [5].

В настоящее время комплексы жесткокрылых, представленные в средне- и позднеплейстоценовых отложениях долины реки Глубокий Сабун не наблюдаются, где сейчас отмечается преобладание бореальных лесных видов. Исключение могут составлять только жужелицы *Pterostichus (Cryobius) sp.*, встречающиеся в пойменных биотопах [1, 3].

Таблица 1 Таксономический состав насекомых местонахождения Зеленый остров

Таксономический состав	Min число особей	Широтная группа	Экологическая группа
Отр. <i>Coleoptera</i>			
Сем. <i>Dytiscidae</i>			
<i>Agabus sp.</i>	2	пр	aq
<i>Dytiscidae indet.</i>	1	пр	aq
Сем. <i>Carabidae</i>			
<i>Diacheila polita Fald.</i>	3	аб	mt
<i>Bembidion sp.</i>	4	пр	na
<i>Pterostichus costatus (Men.)</i>	3	а	mt
<i>Pterostichus vermiculosus (Men.)</i>	1	а	mt
<i>Pterostichus cf. pinguedineus</i>	15	аб	mt
<i>Pterostichus (Cryobius) sp.</i>	1	аб	mt
<i>Amara sp.</i>	1	пр	other

Таксономический состав	Min число особей	Широтная группа	Экологическая группа
<i>Curtonotus alpinus</i> (Payk.)	2	а	dt
Сем. Hydrophilidae			
<i>Helophorus</i> sp.	1	пр	aq
Сем. Staphylinidae			
<i>Tachinus arcticus</i> (Motsch.)	1	а	mt
Сем. Curculionidae			
<i>Isochnus arcticus</i> (Kor.)	2	аб	dt
<i>Pelenomus velaris</i> (Gyll.)	1	п	ms
Количество исследованных фрагментов	89		
Min число особей	38		

Примечание: *Широтные группы: а – арктические; аб – арктобореальные; п – полизональные; пр – прочие

**Экологические группы: ms (“meadow steppe”) – лугостепные виды; dt (“dry tundra”) – виды, населяющие сухие, хорошо дренированные участки в тундрах; mt (“mesic tundra”) – тундровые мезогигрофилы; па (“near aquatic”) – околотовидные виды; аq (“aquatic”) – водные виды; other – прочие [4]

Таблица 2. Содержание наиболее массовых видов жуков в местонахождениях долины р. Глубокий Сабун

	Местонахождения насекомых в долине реки Глубокий Сабун				
	Зеленый остров		Глухариная горка	Мертвая горка	Большая горка
	Верхний слой	Нижний слой			
Возраст Виды	10780±70 (Le-8972)	Предположительно средний плейстоцен (закключение С. Е. Коркина)	300–350 тыс. лет	23–20 тыс. лет	13390±150 (СОАН-7309)
<i>Pterostichus costatus</i> Men	-	+	+	+	+
<i>Isochnus arcticus</i> (Kor.)	-	+	+	+	+
<i>Pterostichus vermiculosus</i> Men	-	+	+	+	-
<i>Pterostichus</i> sp. cf. <i>pinguedineus</i> Esch.	-	-	+	+	-
<i>Tachinus arcticus</i> Maekl.	-	+	+	-	+
<i>Curtonotus alpinus</i> (Pk.)	-	+	+	-	+
<i>Bembidion</i> (<i>Ocydromus</i>) sp.	+	+	+	-	-
<i>Diacheila polita</i> (Fald.)	+	+	+	-	-

Работа осуществлена в рамках выполнения программы фундаментальных научных исследований (тема исследования FUWU-2022-0005).

Список литературы

1. *Зиновьев Е.В.* Локальные фауны жужелиц (Coleoptera: Trachypachidae, Carabidae) Среднего Приобья и прилегающих территорий // Биологические ресурсы и природопользование. Сургут: Дефис, 2007. Вып. 10. С. 134–148.
2. *Зиновьев Е.В.* Находки насекомых в четвертичных отложениях долины реки Глубокий Сабун // Экологические исследования восточной части Сибирских Увалов: Сборник научных трудов ЗПП «Сибирские Увалы». 2002. №. 1. С. 119.
3. *Зиновьев Е.В., Нестерков А.В.* Новые данные к изучению четвертичных насекомых территории "Заповедно-Природного парка" Сибирские Увалы" // Эколого-географические исследования восточной части Сибирских Увалов (см. в книгах). 2003. №. 2. С. 66–82.
4. *Kuzmina S.* Quaternary Insects and Environment of Northeastern Asia // Paleontological Journal. 2015. Vol. 49, № 7. P. 679–867.
5. *Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh L., Korkina E., Korkin S., Zinovyev E., Golyeva A.* First results from the Late Pleistocene paleosols in northern Western Siberia: Implications for pedogenesis and landscape evolution at the end of MIS3 // Quaternary International. 2016. Vol. 418. P. 132–146
6. *Zinovyev E.V.* Problems of ecological interpretation of Quaternary insect faunas from the central part of Northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2006. Vol. 25. Iss. 15–16. С. 1821–1840.

Ю.А. Кублицкий, А.Е. Шаталова, М.Ю. Демидионов, Д.А. Субетто
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия
uriy_87@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ ВОДОЕМОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО БАСЕЙНА (ФИНСКИЙ ЗАЛИВ И ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО) В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

В докладе будет представлен предварительный анализ базы данных «PaleoBasin» для обсуждения изменения относительного уровня Финского залива и Ладожского озера. Выполнена корреляция трансгрессивно-регрессивных фаз разных побережий Финского залива и их связи с водами Ладожского озера. Аналитика базы данных поможет рассмотреть все происходившие изменения в комплексе и нарисовать единую картину изменения уровней Финского залива, Ладожского озера и перестройки гидрографической сети региона в позднем плейстоцене и голоцене.

Ключевые слова: база данных «PaleoBasin», Финский залив, Ладожское озеро, изменение уровня, трансгрессия, поздний плейстоцен, голоцен

Yu.A. Kubitskiy, A.E. Shatalova, M.Yu. Demidionov, D.A. Subetto
Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia
uriy_87@mail.ru

RELATIVE WATER LEVEL CHANGES IN THE EASTERN BALTIC SEA BASIN (GULF OF FINLAND, LAKE LADOGA, LAKE ONEGA) DURING THE LATE NEOPLEISTOCENE AND HOLOCENE.

The report will present a preliminary analysis of the "PaleoBasin" database to discuss changes in the relative water level of the Gulf of Finland and Lake Ladoga. A correlation of transgressive and regressive phases from different coasts of the Gulf of Finland and their connection to the waters of Lake Ladoga has been established. The database analytics will help to examine all the occurred changes in an integrated manner and reconstruct a unified picture of the water level changes of the Gulf of Finland and Lake Ladoga, as well as the reorganization of the region's hydrographic network during the Late Pleistocene and Holocene.

Keywords: "PaleoBasin" database, Gulf of Finland, Lake Ladoga, water level change, transgression, Late Pleistocene, Holocene

Для оценки роли глобальных, региональных и локальных природно-климатических факторов в формировании озерных отложений необходимо учитывать их положение относительно границ и глубин водоема, в котором они формируются. Изменения уровней палеобассейна Балтийского моря на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена проводятся более 200 лет, накоплено большое количество разрозненного материала. Для систематизации этих материалов были созданы базы палеогеографических данных [2; 5; 13]. При составлении БД использовались материалы изучения колонок донных отложений озер и торфяников, археологических памятников, естественных обнажений четвертичных отложений. Выбирались объекты, имеющие абсолютные датировки и индикаторы изменения палеоуровней водоемов. Исследованные объекты, занесенные в БД «PaleoBasin» [2], отнесены к зонам влияния крупных водоемов южной периферии Фенноскандинавского щита в некоторых случаях условно, потому что на протяжении истории их развития они могли относиться к различным водным бассейнам. Так, всего к региону Балтийского моря отнесены 84 изученных объекта в российской части восточного побережья Финского залива и Ладожского озера (включая Карельский перешеек) с общим количеством 185 датировок, маркирующих изменения уровней пра-Балтики.

Оценка изменения уровня отображается с помощью кривых, где по вертикальной оси откладываются абсолютные отметки, по горизонтальной – калиброванный возраст. Из-за различных скоростей гляциоизостатических поднятий относительный уровень крупных водных объектов был не одинаков. В связи с этим для создания полной картины важно представлять изменение относительного уровня на разных участках берегов. На основе собранной БД построены кривые изменения уровня северной и южной участков Финского залива, Северного и Южного Приладожья.

Выполнена корреляция трансгрессивно-регрессивных фаз развития восточной части Балтийского бассейна. В позднем неоплейстоцене вдоль края деградирующего ледника на юго-восточной периферии Фенноскандинавского щита формировались крупные приледниковые водоёмы. В южной части образовалось Балтийское ледниковое озеро (БЛО), уровень которого достигал современных абсолютных отметок 60-80 м (в районе Карельского перешейка), в результате чего котловина современного Ладожского озера была затоплена его водами [1; 7]. Говорить о максимальных уровнях БЛО и интенсивности падения его уровня, Иольдиевого моря и ранней стадии Анцилового озера по региональному фактическому материалу крайне трудно, что связано с практически полным отсутствием датировок на этот период (всего 7 дат, из них 3 – регрессия БЛО, 2 – регрессия Иольдиевого моря, 2 – максимальная стадия Анцилового озера). В соответствии с данными S. Björk [9] спуск БЛО произошел ~11500 кал. л.н. в связи с прорывом его вод в районе г. Биллинген (Центральная Швеция) после дегляциации этой местности, что привело к освобождению порога стока. Произошло снижение уровня БЛО на несколько десятков метров (до уровня Мирового океана), что привело к образованию Иольдиевого моря и изоляции котловины Ладожского озера. Уровень Иольдиевого моря был ниже современного, его отложения вскрыты в Лахтинском разливе [6] и в толще Нижнеосиновского болота [10]. В этот период сток из Ладожского озера осуществлялся через северную часть Карельского перешейка в районе пос. Вещево [3; 4; 14].

По мере дегляциации и снятия ледниковой нагрузки Фенноскандинавский кристаллический щит испытал компенсационное изостатическое поднятие. Следствием данного процесса стало воздымание порога стока в Центральной Швеции, что привело к изоляции Балтийского бассейна от Мирового океана и формированию пресноводного Анцилового озера. Период между 10900 и 9500 кал. л.н. характеризуется достижением максимального уровня этого палеоводоёма, с абсолютными отметками до 17 м в северной части Карельского перешейка и 8 м в восточной акватории Финского залива [10; 11]. В это время в низменной северной части Карельского перешейка формируется пролив, связывающий Ладожское озеро с Анциловым озером.

Начиная с 9800 кал. л.н. уровень Балтики начал падать и выравнился с уровнем Мирового океана, что привело к проникновению морских вод в котловину и наступлению стадии Литоринового моря. Основная причина морской трансгрессии – потепление среднего голоцена, в результате чего объем океанических вод увеличился в результате термического расширения вод, а также поступления вод с тающих ледников. Начало стадии Литориновой трансгрессии считают возраст 8500–8300 кал. л. н. [9], в том числе для восточной части Карельского перешейка [11]. Подъем уровня моря носил неравномерный характер, сопровождаясь колебаниями, которые были выражены в различных районах побережья в разной степени, в связи с различной интенсивностью гляциоизостатических поднятий. По этой причине не существует единого мнения о количестве трансгрессий Литоринового моря и их временных границах. Анализ базы данных позволяет утверждать, что максимальный уровень Литоринового моря в голоцене был выше современного на ~10 м в Нарвско-Лужской низменности [12], ~ 12 м - в районе оз. Голубое (к юго-востоку от Выборга) [8], ~ 18.6 м к северу от Выборга. В этот период морские воды не поступали в Ладожское озеро.

Около 5000–3000 л. н. произошло событие, именуемое Ладожской трансгрессией, ход и причины которой трактуются неоднозначно. Одной из причин ее становления называют изостатическое поднятие земной коры в северной части Финского и Ботнического заливов,

что привело к прорыву вод озера Сайма гряды Сальпаусселькя-I и образованию современного канала стока в Ладогу через Вуоксу, значительно увеличив водосборный бассейн озера. Это событие произошло в интервале от 5900 л.н. [4] до 5000 л.н. [7]. Максимум Ладожской трансгрессии произошел 5000-4800 кал. л.н., а резкое падение уровня произошло 2700 кал. л.н., что объясняется образованием Невы.

Аналитика базы данных поможет рассмотреть все происходившие изменения в комплексе и нарисовать единую картину изменения уровней Финского залива, Ладожского озера и перестройки гидрографической сети региона в позднем плейстоцене и голоцене.

Исследования проводятся при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-17-00206
<https://rscf.ru/project/24-17-00206>

Список литературы

1. Александровский А.Л., Арсланов Х.А., Давыдова Н.Н. Долуханов П.М., Зайцева Г.И., Кирпичников А.Н., Кузнецов Д.Д., Лавенто М., Лудикова А.В., Носов Е.Н., Савельева Л.А., Сапелько Т.В., Субетто Д.А. Новые данные относительно трансгрессии Ладожского озера, образования реки Невы и земледельческого освоения северо-запада России / Доклады Академии наук. 2009. Т. 424. № 5. С. 682–687. EDN JVTXOX.
2. Кублицкий Ю.А., Шаталова А.Е., Баранская А.В., Орлов А.В., Леонтьев П.А., Греков И.М., Субетто Д.А., Репкина Т.Ю. Изменения уровней крупных водных объектов периферии Фенноскандинавского щита в позднем плейстоцене и голоцене [База данных]. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2022623647, 23.12.2022. Заявка № 2022623627 от 12.12.2022.
3. Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А. Стратиграфия донных отложений озер Карельского перешейка. М.: ГЕОС, 2019. 120 с.
4. Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А., Лудикова А.В. Соединение Ладожского озера с Балтийским морем в позднем голоцене – новые палеолимнологические данные // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2022. Т. 506. № 1. С. 331–336.
5. Минина М.В., Субетто Д.А., Кошелева Е.А., Кузнецов Д.Д. Формирование палеолимнологической базы данных для ГИС-реконструкции этапов развития Ладожского озера // Географический вестник. 2018. Т. 2. № 45. С. 18–27.
6. Морозов Д.А. Палеогеоэкологические реконструкции озерных систем южного обрамления Фенноскандии: Автореф. дисс. канд. геогр. наук: 25.00.36. Санкт-Петербург, 2014. 23 с. EDN ZPGOWH.
7. Субетто Д.А. История формирования Ладожского озера и его соединения с Балтийским морем // Общество, среда, развитие. 2007. №1(10). С. 111–120.
8. Шаталова А.Е. Результаты радиоуглеродного датирования и реконструкция уровня Балтийского моря по абсолютным отметкам озер Голубое, Б. Молочное, Зайчихинское // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 4(76). С. 23–28. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2023-4-23-28> EDN ZIUWGH.
9. Björck S. The late Quaternary development of the Baltic Sea // Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer, 2008.
10. Dolukhanov P., Subetto D., Arslanov K., Davydova N., Zaytseva G., Djinoiridze E., Kuznetsov D., Ludikova A., Sapelko A., Savelieva L. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia // Quaternary International. 2009. Vol. 203. Iss. 1. P. 33–51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.04.021>
11. Miettinen A., Savelieva L., Subetto D., Dzhinoridze R., Arslanov K., Hyvärinen H. Palaeoenvironment of the Karelian Isthmus, the easternmost part of the Gulf of Finland, during the Litorina Sea stage of the Baltic Sea history // Boreas. 2007. 36. P. 441–458.
12. Rosentau A., Muru M., Kriiska A., Subetto D., Vassiljev J., Hang T., Gerasimov D., Nordqvist K., Ludikova A., Lõugas L., Raig H., Kihno K., Aunap R., Letyka N. Stone Age settlement

and Holocene shore displacement in the Narva-Luga Klint Bay area, eastern Gulf of Finland // *Boreas*. 2013. Vol. 42. Iss. 4. P. 912–931.

13. Rosentau A., Klemann V., Bennike O., Steffen H., Wehr J., Latinović M., Bagge M., Ojala A., Berglund M., Peterson Becher G., Schoning K., Hansson A., Nielsen L., Clemmensen L.B., Hede M., Kroon A., Pejrup M., Sander L., Stattegger K., Schwarzer K., Lampe R., Lampe M., Uścińowicz S., Bitinas A., Grudzińska I., Vassiljev J., Nirgi T., Kublitskiy Y., Subetto D. A Holocene relative sea-level database for the Baltic Sea // *Quaternary Science Reviews*. 2021. Vol. 266. Article 107071. P. 0277-3791. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107071>

14. Subetto D., Kuznetsov D., Minina M., Druzhinina O. Palaeorunoff from Lake Ladoga to the Baltic Sea during the Holocene. *Hydrosphere // Hazard processes and phenomena*. 2020. Vol. 2. Iss. 2. P. 148–157. <https://doi.org/10.34753/HS.2020.2.2.1484>

Д.Д. Кузнецов¹, А.В. Лудикова¹, Д.А. Субетто²

¹Институт озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

dd_kuznetsov@mail.ru

ГОЛОЦЕНОВОЕ НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ОТЛОЖЕНИЯХ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И ПРИЧИНЫ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВОГО МИНИМУМА

Среднеголоценовый максимум содержания органического вещества в отложениях Ладожского озера обычно связывают с термическим оптимумом голоцена. Недавние исследования ряда кернов осадков как из открытой, так и из шхерной части Ладожского озера, а также из небольших прибрежных озёр – бывших заливов Ладожского озера – позволили предположить, что наблюдаемое резкое снижение содержания органического вещества в осадках, датированное возрастом около 4000 кал. л.н. может быть связано с быстрым падением уровня озера в результате прорыва реки Невы.

Ключевые слова: донные отложения, динамика органического вещества в осадках, прорыв реки Невы, Ладожское озеро

D.D. Kuznetsov¹, A.V. Ludikova¹, D.A. Subetto²

¹Institute of Limnology RAS – SPC RAS, Saint-Petersburg, Russia

²Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

dd_kuznetsov@mail.ru

HOLOCENE ACCUMULATION OF ORGANIC MATTER IN LAKE LADOGA SEDIMENTS AND CAUSES OF THE LATE HOLOCENE MINIMUM

The mid-Holocene maximum of organic matter content in the sediments of Lake Ladoga is usually associated with the Holocene thermal optimum. Recent studies of a number of sediment cores from both the open and skerry parts of Lake Ladoga, as well as from small lakes along its coast, former bays of Lake Ladoga, suggested that the observed sharp decline in the sedimentary organic matter content, dated to ~ 4000 cal BP, might be related with a rapid lake-level drop resulted from the breakthrough of the Neva River.

Keywords: lake sediments, organic sedimentation dynamics, Neva river breakthrough, Lake Ladoga

Рост содержания органического вещества в отложениях озер Северо-запада Европейской России обычно связывается с началом голоцена и увеличением биопродуктивности озерных экосистем. Однако переход от накопления минерогенных осадков к гиттии (органогенным отложениям озер) не всегда синхронен с границей голоцена. Озера Северо-запада России возникли или непосредственно в результате дегляциации территории или после спуска приледниковых водоемов, и на ход осадконакопления в них воздействуют морфометрические характеристики котловины, скорость водообмена, характеристики водосбора (площадь, уклоны, характер почвенно-растительного покрова) и многое другое. В начале голоцена в них некоторое время могли продолжаться формироваться отложения с низким содержанием органического вещества. Также возможны ситуации, когда в освободившемся ото льда замкнутом понижении рельефа устанавливаются условия близкие к условиям низинного болота и формирование органогенных отложений начинается еще в позднем дриасе. В дальнейшем на ход органонакопления помимо общеклиматических причин могут воздействовать резкие изменения уровня крупного бассейна и изоляция от него малых водоемов, антропогенно обусловленные (сведение лесов и земледелие на

водосборной площади, искусственные изменения уровня и характера проточности и т.п.) и разнообразные локальные факторы.

В этой связи изучение голоценовой динамики органонакопления в крупном бассейне имеет значительное преимущество, поскольку в большей степени отражает общерегиональные и общеклиматические причины, в противоположность более зависимым от локальных факторов процессам осадконакопления в малых водоемах.

Анализ содержания органического вещества в колонках донных отложений Ладожского озера позволил выделить несколько периодов органонакопления, прослеживаемых по всей акватории [2; 3]. Минимальное содержание органического вещества отмечается в позднеледниковых отложениях раннего этапа развития озера. Далее отмечается постепенный рост, заканчивающийся периодом с максимальными значениями, приблизительно сопоставляемым по времени с голоценовым термическим оптимумом. Выше отмечается резкий спад в содержании органического вещества и наступление периода с минимальными значениями с последующим резким ростом в приповерхностном горизонте отложений.

Малое количество радиоуглеродных датировок не позволяет точно датировать эти периоды, однако среднеголоценовый максимум органонакопления в Ладожском озере приблизительно соответствует временному диапазону 9500–4500 кал. л.н., что хронологически близко нордгриппианскому ярусу голоцена (8200–4200 кал. л.н.). Исследования в южной и центральной части Ладожского озера показали, что отложения с наибольшим содержанием органического вещества формировались приблизительно 8000–5500 кал. л.н. [4] или 9500–5200 кал. л.н. [1]. Однако, спад в содержании органического вещества может быть следствием не только перестройки биопродуктивности озерной экосистемы. Новые результаты изучения колонок из южной части акватории Ладоги и озера Лавиярви в северном Приладожье показывают, что резкий спад органонакопления, датированный возрастом около 4000 кал. л.н., может быть связан со снижением уровня Ладожского озера, вызванного образованием реки Невы, однако в таком случае возраст данного события несколько удревняется.

Исследования выполнены в рамках госзадания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме FFZF–2024–0001 (Д.Д. Кузнецов, А.В. Лудикова) и при поддержке проекта РНФ №24–17–00206 (Д.А. Субетто).

Список литературы

1. Кузнецов Д.Д. Палеолимнологические исследования в Институте озероведения РАН последнего десятилетия – литостратиграфический аспект // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 5. С. 115–127. <https://doi.org/10.17076/lim1906>
2. Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А. Голоценовое накопление органического вещества в донных отложениях Ладожского озера // Геоморфология. 2021. Т. 52. № 2. С. 63–71. <https://doi.org/10.31857/S043542812102005X>
3. Субетто Д.А. Строение, особенности и история формирования донных отложений // Ладожское озеро: Прошлое, настоящее, будущее. СПб.: Наука, 2002. С. 122–136.
4. Gromig R., Wagner B., Wennrich V., Fedorov G., Savlieva L., Lebas E., Krastel S., Brill D., Andreev A., Subetto D., Melles M. Deglaciation history of Lake Ladoga (northwestern Russia) based on varved sediments // Boreas. 2019. Vol. 48. Iss. 2. P. 330–348. <https://doi.org/10.1111/bor.12379>

СИНАНТРОПНЫЕ ГРЫЗУНЫ ИЗ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

В научный оборот вводятся количественные материалы по позвоночным животным из позднеголоценовых и субрецентных отложений навеса Верхняя Гусиха и позднеголоценовых отложений пещеры Чернышевская-III (участок Г), Челябинская обл. Изучаемые отложения содержат костные и зубные остатки синантропных видов Rodentia – крыс и домовых мышей.

Ключевые слова: поздний голоцен, степь, Зауралье, грызуны, синантропные виды

E.A. Kuzmina, N.G. Smirnov, N.G. Erokhin, A.I. Ulitko, P.A. Kosintsev
Institute of plant and animal ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia
Lenii1@yandex.ru

SYNANTROPIC RODENTS FROM LATE HOLOCENE DEPOSITS OF THE SOUTHERN TRANS-URALS

The paper presents quantitative number of vertebrate fossil and subfossil materials from Late Holocene deposits of Verkhnyaya Gusikha shelter and Chernyshevskaya-III cave (Г plot), Chelyabinsk region. The deposits under study contain bone and tooth remains of Rodentia synantropic species – rats and house mice.

Keywords: Late Holocene, steppe, Trans-Urals, rodents, synantropic species

Введение. Время появления синантропных видов грызунов (крыса, домовая мышь) на территории Южного Урала зафиксировано в историческое время в сводках [8; 10]. Связывают их появление, прежде всего, с сельско-хозяйственным освоением территорий человеком за последние несколько сот лет. Поэтому вопрос о нахождении в позднеголоценовых отложениях синантропных видов грызунов, и точное время их появления/присутствия в фауне региона актуален.

Синантропные виды грызунов из позднеголоценовых пещерных отложений упоминаются для 3 местонахождений современной степной территории Южного Зауралья. Навес Верхняя Гусиха – в связи с обнаруженными остатками крысы *Rattus* sp. описан позднеголоценовый степной *антропогенно трансформированный тип* сообществ грызунов [9]. Пещера Алексеевская – 2009 год раскопок, найдены остатки серой крысы *R. norvegicus* [11], грот Алексеевский-II – найдены остатки домовой мыши *Mus musculus* [11]. При этом ни в одной публикации не приводятся *количественные данные* обнаруженных остатков синантропных видов грызунов.

Позднеголоценовые грызуны и пищухи из пещеры Чернышевская-III описаны для участка Б [7]. В этих материалах не были обнаружены остатки синантропных видов. Для участка Г, в верхней пачке отложений были обнаружены остатки крысы [6], но в этой работе не представлено их *количество*.

В научный оборот вводятся количественные материалы по позднеголоценовым сообществам грызунов степного Зауралья, содержащим остатки синантропных видов из навеса Верхняя Гусиха и пещеры Чернышевская-III (участок Г, верхняя пачка отложений).

Район исследований. Навес Верхняя Гусиха открыт Н.Г. Ерохиным в 1988 г. (52°23' с.ш. 59°03' в.д.). Навес расположен в скальных выходах на правом берегу р. Верхняя Гусиха (левый приток р. Урал), в 1 км от пос. Мусин, Кизильский р-н, Челябинская обл. На

расстоянии 0.5 км в юго-западном направлении от навеса находится товарно-молочная ферма. В 1990 г. проведен сбор ископаемого материала из отложений навеса, которые представлены одним слоем: слой 1 – серая гумусированная супесь с включением щебня (0–5 см). В 2009 г. проведены поверхностные сборы субрецентных костных остатков из этого местонахождения и окрестностей. Материал накапливался в результате жизнедеятельности пернатых хищников.

Пещера Чернышевская-III открыта А.И. Улитко и Е.А. Кузьминой в 2001 г. (52°38' с.ш. 58°53' в.д.). Пещера находится на левом берегу р. Худолаз (правый приток р. Урал), Кизильский р-н, Челябинская обл. Пещера представляет собой наклонную щель, ширина входа 2.5 м, высота – 2 м, длина 7 м [7]. Синантропный вид обнаружен только в отложениях участка Г, слой 1 (0–5 см) – светло-серая рыхлая гумусированная супесь с большим включением щебня. Материал накапливался в результате жизнедеятельности четвероногих и пернатых хищников.

Материалы и методы. Остатки млекопитающих получены при промывке рыхлых отложений из навеса Верхняя Гусиха и пещеры Чернышевская-III. Возраст отложений нельзя определить точнее, чем поздний голоцен. Сбор субрецентных остатков с поверхности навеса Верхняя Гусиха, а также из окрестностей местонахождения, проведен примерно через 20 лет (в 2009 г.) после снятия рыхлых отложений. Их возраст, соответственно, насчитывает несколько десятков лет. Определение ископаемых и субрецентных остатков грызунов и птиц проводили, опираясь на морфологические особенности зубов с использованием определителей и методик промеров [1-5], а также эталонных коллекций лаборатории палеоэкологии и Музея ИЭРиЖ УрО РАН.

Результаты и обсуждение. Остатки крысы определены до уровня рода, т.к. известно [9], что ещё в середине 19 в. на Южном Урале повсеместно обитала черная крыса *Rattus rattus*, которая к концу 19 – началу 20 вв. была вытеснена пасюком *Rattus norvegicus*. Видовой состав и количество остатков обнаруженных таксонов млекопитающих из позднеголоценовых отложений навеса Верхняя Гусиха и пещеры Чернышевская-III (участок Г), представлены в таблице 1.

Таблица 1. Видовой состав и количество остатков млекопитающих из позднеголоценовых отложений навеса Верхняя Гусиха и пещеры Чернышевская-III, Южное Зауралье (всего ископаемых остатков/число особей)

№	Таксон	Верхняя Гусиха, 1990 (сборы Н.Г. Смирнов, Н.Г. Ерохин)	Верхняя Гусиха, 2009 (поверхностные сборы, навес и окрестности, Е.А. Кузьмина, Н.Г. Ерохин, П.А. Косинцев)	Чернышевская-III, 2001 (сборы рыхлых отложений, участок Г слой 1, 0-5 см, А.И. Улитко, Е.А. Кузьмина)
Carnivora				
1	<i>Mustella</i> sp.	9/2	–	–
Lagomorpha				
2	<i>Lepus</i> cf. <i>timidus</i>	–	7/4	–
3	<i>Ochotona pusilla</i>	2/1	2/1	–
Rodentia				
4	<i>Spermophilus</i> cf. <i>major</i>	–	1/1	6/2
5	<i>Allactaga major</i>	26/7	2/1	1/1
6	<i>Sicista</i> sp.	–	–	7/3
7	<i>Rattus</i> sp.	35/8	6/2	3/1
8	<i>Mus musculus</i>	1/1	8/2	–
9	<i>Apodemus uralensis</i>	–	5/2	1/1
10	<i>A. ex gr. uralensis-agrarius</i>	–	–	1/1
11	<i>Cricetus cricetus</i>	–	–	15/4
12	<i>Allocricetulus evermanni</i>	12/3	12/2	1/1

№	Таксон	Верхняя Гусиха, 1990 (сборы Н.Г. Смирнов, Н.Г. Ерохин)	Верхняя Гусиха, 2009 (поверхностные сборы, навес и окрестности, Е.А. Кузьмина, Н.Г. Ерохин, П.А. Косинцев)	Чернышевская-III, 2001 (сборы рыхлых отложений, участок Г слой 1, 0-5 см, А.И. Улитко, Е.А. Кузьмина)
13	<i>Cricetulus migratorius</i>	6/1	12/2	–
14	<i>Ellobius talpinus</i>	–	–	23/7
15	<i>Clethrionomys glareolus</i>	–	–	6/4
16	<i>C. ex gr. rutilus-glareolus</i>	–	–	8/2
17	<i>Lagurus lagurus</i>	5/2	4/2	43/11
18	<i>Arvicola amphibius</i>	197/40	42/9	37/9
19	<i>Stenocranius gregalis</i>	–	–	115/104
20	<i>Alexandromys oeconomus</i>	–	–	3/3
21	<i>Microtus arvalis</i> s.l.	47/47	8/4	22/21
22	<i>M. agrestis</i>	1/1	–	2/1
23	<i>Microtus</i> sp.	164	6	356
	ВСЕГО	505/113	115/32	650/176

В позднеголоценовых отложениях навеса Верхняя Гусиха обнаружено 12 таксонов млекопитающих, принадлежащих 3 отрядам: хищники (Carnivora), зайцеобразные (Lagomorpha) и грызуны (Rodentia). В фауне грызунов и пищух доминирует обыкновенная полевка (*Microtus arvalis* s.l.), содоминант – водяная полевка (*Arvicola amphibius*). Группа обычных видов: большой тушканчик (*Allactaga major*), хомячок Эверсмана (*Allocricetulus evermanni*), степная пеструшка (*Lagurus lagurus*). Редкие виды – степная пищуха (*Ochotona pusilla*), темная полевка (*M. agrestis*), серый хомячок (*Cricetulus migratorius*). Обнаруженные синантропные виды попадают в группы: крыса (*Rattus* sp.) – обычный вид, домовая мышь (*Mus musculus*) – редкий вид.

В субрецентных поверхностных сборах из навеса Верхняя Гусиха и окрестностей обнаружено 13 таксонов грызунов и зайцеобразных. Доминируют остатки водяной полевки, содоминант – обыкновенная полевка. Из-за малого количества найденных остатков в этой фауне нет редких видов. Все остальные таксоны относятся к обычным видам: степная пищуха, большой суслик (*Spermophilus* cf. *major*), большой тушканчик, малая лесная мышь (*Apodemus uralensis*), хомячки Эверсмана и серый, степная пеструшка. Крыса и домовая мышь также попадают в группу обычных видов в данной фауне.

Видовой состав фауны грызунов из пещеры Чернышевская-III (участок Г, слой 1, 0–5 см) насчитывает 18 таксонов. В структуре населения доминирует узкочерепная полевка (*Stenocranius gregalis*), содоминант – обыкновенная полевка. К группе обычных видов относятся: степная пеструшка, большой суслик, полевка-экономка (*Alexandromys oeconomus*), водяная полевка, обыкновенный хомяк (*Cricetus cricetus*), мышовка (*Sicista* sp.), обыкновенная слепушонка (*Ellobius talpinus*), рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*), лесные полевки из группы красная–рыжая (*C. ex gr. rutilus–glareolus*). Группа редких видов представительна по количеству таксонов: большой тушканчик, хомячок Эверсмана, малая лесная мышь, мыши из группы малая лесная–полевая (*A. ex gr. uralensis–agrarius*), темная полевка. Крыса – редкий вид в данной фауне.

Судя по ядру фауны и структуре населения, наиболее древней является фауна из пещеры Чернышевская-III (участок Г, слой 1,0–5 см). Более молодая фауна представлена в позднеголоценовых отложениях навеса Верхняя Гусиха и субрецентная фауна – это поверхностные сборы с поверхности отложений навеса Верхняя Гусиха и окрестностей. Все описанные фауны, как было ранее установлено [9], относятся к *позднеголоценовому степному, антропогенно трансформированному типу*.

Выводы. Для 2 местонахождений Южного Зауралья – навес Верхняя Гусиха и пещера Чернышевская-III – описаны фауны грызунов и мелких зайцеобразных, в состав которых входили синантропные виды: крыса и домовая мышь. Отложения изучаемых местонахождений относятся к позднему голоцену. В наиболее древней фауне из пещеры Чернышевская-III (участок Г, слой 1, 0–5 см) представлен 1 синантропный таксон – крыса (*Rattus* sp.) (редкий вид, найдено 3 остатка, принадлежащих 1 особи). Более молодая – это фауна из ископаемых отложений навеса Верхняя Гусиха. В ней обнаружено 2 синантропных таксона: крыса – обычный вид (35 зубов, принадлежащих 8 особям) и домовая мышь (*Mus musculus*) – редкий вид (найден 1 остаток). Близкая к современности (последние несколько десятков лет) фауна восстановлена при анализе поверхностных сборов навеса Верхняя Гусиха и его окрестностей. В ней оба синантропных таксона являются обычными видами: крыса (найден 6 остатков, принадлежащих 2 особям), домовая мышь (обнаружено 8 остатков, принадлежащих 2 особям). Описанные фауны относятся к *позднеголоценовому степному, антропогенно трансформированному типу*.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН.

Список литературы

1. Бородин А.В. Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири. (Поздний плейстоцен – современность). Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 99 с.
2. Бородин А.В., Коурова Т.П., Маркова Е.А. Размерные характеристики щечных зубов лесных полевок *Clethrionomys (Craseomys) rufocanus*, *Cl. (Clethrionomys) glareolus*, *Cl. (Cl.) rutilus* (Arvicolinae, Rodentia) и их использование для видовой идентификации // Зоол. журн. 2005. Т. 84. № 2. С. 236–244.
3. Громов И.М., Ербаева М.А. Зайцеобразные и грызуны. (Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий; Определитель по фауне России; вып. 167). СПб: Зоол. ин-т, 1995. 522 с.
5. Зыков С.В. Ключи для определения представителей семейства Muridae (Rodentia) Уральского региона по одонтологическим признакам // Зоол. журн. 2024. Т. 103. № 5. С. 100–111.
6. Кириков С.В. Птицы и млекопитающие в условиях ландшафтов южной оконечности Урала. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1952. 412 с.
7. Кузьмина Е.А. Динамика сообществ мелких млекопитающих Южного Зауралья в позднем плейстоцене и голоцене: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2006. 22 с.
8. Кузьмина Е.А., Улитко А.И. Мелкие млекопитающие Южного Зауралья в среднем голоцене // Динамика экосистем в голоцене: мат-лы V Всерос. конф. с межд. уч. (К 100-летию Л.Г. Динесмана), Москва, 11–15 ноября 2019 г. М.: Медиа-ПРЕСС, 2019. С. 174–176.
9. Руди В.Н. Фауна млекопитающих Южного Урала. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2000. 207 с.
10. Смирнов Н.Г., Большаков В.Н., Косинцев П.А. Историческая экология животных гор Южного Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 245 с.
11. Смирнов Н.Г., Кузьмина Е.А. Динамика экосистем Южного Зауралья в голоцене // Археология Урала и Западной Сибири. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2005. С. 23–33.
12. Фадеева Т.В., Косинцев П.А. Голоценовые фауны млекопитающих (LIPOTYPHILA, CHIROPTERA, LAGOMORPHA, RODENTIA) Южного Зауралья // Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Мат-лы IX Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода, г. Иркутск, 15–20 сентября 2015 г. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 473–475.

БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ И ПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ СОВРЕМЕННЫХ СТЕПНЫХ РАЙОНОВ ПРИУРАЛЬЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА

Для относительно компактной территории современных Приюжноуральских степей, простирающихся вдоль верхнего и среднего течения р. Урал, показано сходство и различие в развитии сообществ беспозвоночных (насекомых) и позвоночных (амфибий, рептилий, млекопитающих) животных в конце среднего–позднем голоцене.

Ключевые слова: животные, степи, Урал, средний и поздний голоцен

E.A. Kuzmina, A.I. Ulitko, E.P. Izvarin, M.S. Tarasova, E.V. Zinovyev
Institute of plant and animal ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia
Lenii1@yandex.ru

INVERTEBRATE AND VERTEBRATE ANIMALS FROM THE MODERN STEPPE REGIONS OF THE PRE-URALS IN THE SECOND HALF OF THE HOLOCENE

For a relatively compact area of the modern Pre-Ural steppes, extending along upper and middle parts of the Ural river flow, it is shown the similarities and the differences in the development of invertebrate (insects) and vertebrate (amphibians, reptiles, mammals) assemblages in the end of Middle–Late Holocene.

Keywords: animals, steppes, Urals, Middle and Late Holocene

Введение. На возвышенно-равнинных территориях, примыкающих к Южному Уралу с европейской (Южное Предуралье) и азиатской (Южное Зауралье) сторон исследованы остатки животных, собранные из рыхлых отложений карстовых полостей. Весь изучаемый регион относится к современной *Приюжноуральской степной предгорно-равнинной физико-географической области* Урала [6]. В Южном Предуралье в пределах *Южно-Предуральской структурно-фациальной зоны* [1], исследованы: пещера Черноречка, грот Черноречка-2, навесы Верблюжка-1 и Верблюжка-2. В Южном Зауралье в пределах *Зауралтауской структурно-фациальной зоны* [1] исследованы пещеры Алексеевская (2000 год раскопок), Сыртинская, Чернышевская-III. В работе приводится сравнение сообществ беспозвоночных и позвоночных животных, населявших современные возвышенно-равнинные степные территории, прилегающие к Южному Уралу с европейской и азиатской сторон во второй половине голоцена. Представлены новые данные по группам: насекомые (Е.В. Зиновьев), амфибии и рептилии (М.С. Тарасова), насекомоядные (Е.П. Изварин). Данные по хищникам, копытным, зайцам и суркам (А.И. Улитко), а также мелкоразмерным грызунам и пищухам (Е.А. Кузьмина) ранее частично опубликованы, и здесь приводятся в сводке. Подразделения голоцена выделены согласно современной трактовке [9]. Под второй половиной голоцена авторы понимают последние примерно 6 тыс. лет, что соответствует временному промежутку от финала атлантического периода до поздних стадий субатлантического (современности) периодов голоцена по шкале Блитта-Сернандера [7].

Датирование материала. Радиоуглеродных дат для ископаемых фаун Южного Предуралья нет. По результатам биостратиграфии возраст отложений был отнесен к среднему голоцену (Черноречка, слой 2, -20-60 см) и четырем фазам позднего голоцена: фаза 1 (Черноречка, слои 1–2, 0-20 см), фаза 2 (Черноречка-2, слой 2, -25-60 см), фаза 3

(Черноречка-2, слои 1–2, 0–25 см), фаза 4 (Верблюжка-1 и Верблюжка-2, субфосильные рецентные материалы).

Для Южного Зауралья имеющиеся радиоуглеродные даты [3, 4] были откалиброваны в программе OxCal 4.4 [8]. Средний голоцен характеризуют: 1) Чернышевская-III (слой 3, 5987 cal BP, финал атлантического периода голоцена); и 2) Сыртинская – (слой 1, -30–40 см, 4503 cal BP, граница ранней и средней фаз суббореального периода голоцена). К позднему голоцену отнесены: 1) конец суббореального-начало субатлантического периода – Алексеевская (слой 1, -10–20 см, 2601 cal BP); 2) субатлантический период – Алексеевская (слой 1, 0–10 см, 1370 cal BP); Сыртинская (слой 1, -10–30 см, 1368 cal BP), а также материалы, не имеющие радиоуглеродных дат – Сыртинская (слой 1, 0–10 см), Чернышевская-III, слои 1–2 (участки Б и Г).

Определение материала производили с использованием эталонных коллекций лаборатории палеоэкологии и Музея ИЭРиЖ УрО РАН, а также определителей. Описание зональных характеристик сообществ дано на основании таксонов-консументов 1 порядка (грызуны, зайцеобразные, копытные), а также видов-маркеров географических зон (например, бурый медведь – лесная зона в широком смысле, сайга – степная зона). Более узкая ландшафтно-биотопическая характеристика дана по обнаруженным видам насекомых (среди которых есть консументы и 1, и 2 порядков) и группам позвоночных животных, чьё питание во многом связано с насекомыми – это амфибии, рептилии, насекомоядные млекопитающие (консументы 2 порядка).

Результаты. Средний голоцен. В Южном Предуралье (Урало-Сакмарское междуречье) в среднем голоцене и в начале позднего голоцена был распространен *зональный степной тип* сообществ мелких млекопитающих со значительным участием как луговых (25–30%), так и полупустынных видов грызунов (ок. 10%) и значительным участием белозубок среди насекомоядных млекопитающих. Наличие открытых степных пространств в это время подтверждены найденными остатками лошади и степного сурка. При этом было достаточное количество локальных лесных и лесостепных биотопов, в которых селились представители амфибий и рептилий (водяной уж, серая жаба, веретеница, гадюка обыкновенная), а также насекомоядных (европейский крот) и хищных (ласка, обыкновенная лисица, Mustelidae) млекопитающих. Доля лесных видов грызунов достигала 10–12%; присутствовали виды европейских широколиственных лесов – желтогорлая мышь, садовая соня.

В Южном Зауралье в оптимальную фазу голоцена растительный покров отличался максимальной остепненностью, присутствием сосново-березовых колков, и, несмотря на проникновение широколиственных смешанных лесов в периоды увлажнения [5], в это время не отмечены виды млекопитающих (грызунов), приуроченных к европейским широколиственным лесам. В среднем голоцене (5987 cal BP и 4503 cal BP) на территории Южного Зауралья существовал *зональный степной тип* сообществ грызунов и хищников со значительным участием луговых (и в целом мезофильных) видов. Среди средне-размерных и крупных млекопитающих обитали как лесные – бурый медведь, обыкновенная лисица, ласка, горностаи, так и степные виды – корсак, байбак, светлый хорь. В это время преобладали виды амфибий и рептилий, предпочитающие лесостепные биотопы. Также и фауна насекомоядных млекопитающих была скорее лесостепная (отсутствуют белозубки, но при этом присутствует обыкновенная бурозубка). О наличии достаточной площади околородных биотопов свидетельствует присутствие в составе сообществ выдры и обыкновенной куторы, в то время как доля околородных видов грызунов невелика (ок. 4%).

Поздний голоцен. В Южном Предуралье (Урало-Сакмарское междуречье) в середине позднего голоцена (фазы 2 и 3) среди грызунов начинают резко доминировать мезофильные виды (более 60 %), за счет увеличения участия луговых (40–53%) и лесных (9–18%) элементов. В фазе 2 позднего голоцена помимо лесных видов грызунов (ок. 18%), среди насекомоядных млекопитающих появляется обыкновенная бурозубка – вид, приуроченный к лесным местообитаниям. В числе хищников появляется горностаи; увеличивается число

остатков лесных таксонов – Mustelidae, ласки и обыкновенной лисицы. При этом присутствуют таксоны-маркеры степных условий: степной сурок (максимальное количество остатков для всего Урало-Сакмарского междуречья второй половины голоцена), светлый хорь, белозубки. Для грызунов описан *азональный луговой тип сообществ* со значительным участием степных (21%) и лесных видов. Влажные природные условия в это время возможно охарактеризовать как остепнённые луга.

Позже, в 3 фазу позднего голоцена, сокращается доля видов грызунов, приуроченных к лесным местообитаниям (ок. 9%), и при этом в составе фауны присутствует представитель сомкнутых древостоев – обыкновенная летяга. В отложениях этого времени появляются остатки жесткокрылых насекомых. Они представлены как степными (чернотелка *Oodescelis polita*), так и луговыми (жужелица *Lebia cruxminor*) видами, причем последний населяет луга в лесной и лесостепной зонах. Остатков насекомоядных млекопитающих этого времени не обнаружено. Среди средне-размерных млекопитающих доминирует сурок; присутствуют лесные виды – ласка, горностай, Mustelidae. Сообщества амфибий и рептилий этого времени представлены преимущественно, видами, предпочитающими лесостепные и степные местообитания. Хотя в фазах 2 и 3 позднего голоцена на территории продолжает обитать обыкновенная гадюка, предпочитающая закрытые биотопы. В составе сообществ грызунов появляются синантропные виды (крыса и домовая мышь), что позволяет отнести возраст изучаемых сообществ животных к историческому времени. Для грызунов и птиц описан *азональный луговой тип сообществ* со значительным участием степных и присутствием синантропных видов.

К концу позднего голоцена (фаза 4) природная обстановка вновь изменилась, степи стали более сухими. Доля степных (ксерофильных) видов грызунов возросла почти в 2 раза (ок. 66 %). Среди средне-размерных млекопитающих доминируют остатки зайца-беляка, присутствуют сурок и ласка. Среди насекомоядных млекопитающих присутствует еж, малая бурозубка. Среди амфибий и рептилий присутствуют, виды, приуроченные к лесостепным и степным местообитаниям. Для грызунов и птиц этого времени описан *зональный степной тип с участием луговых и синантропных элементов*.

В Южном Зауралье сложные и контрастные изменения природной обстановки конца суббореального времени (2601 cal BP, SB3) отразились на составе и структуре сообществ животных. У грызунов – на фоне сокращения доли лесных видов почти в 2 раза (ок. 2%), резко возрастает (более чем в 2 раза) доля как мезофильных (околоводных ок. 13% и луговых 21%) видов, так и доля ксерофильных, в основном степных (33%) таксонов, при незначительном присутствии полупустынных видов (ок. 1%). Тип сообществ грызунов – *степной со значительным участием луговых, околоводных и присутствием полупустынных видов*. Контрастность условий конца суббореального времени отразилась и в составе фауны насекомоядных млекопитающих: с одной стороны, присутствует околоводный вид обыкновенная кутора, с другой – появляется сухолюбивый, степной таксон – белозубка. Среди средне-размерных млекопитающих отмечено присутствие горностая, обыкновенной лисицы, зайца-беляка. В фауне амфибий и рептилий исчезают виды, предпочитающие лесные и лесостепные местообитания, фауна приобретает более степной облик.

В субатлантическом периоде (1370 cal BP, 1368 cal BP и Сыртинская, слой 1, 0-10 см) из состава сообществ грызунов начинают исчезать полупустынные виды. Это происходит одновременно. Остатки тарбаганчика в отложениях субатлантического периода уже не попадают, а жёлтая пеструшка исчезает значительно позже, чем 1368 cal BP. Тип сообществ грызунов *степной со значительным участием луговых и околоводных видов*. Фауна насекомых представлена в основном степными видами (Сыртинская). Число степных видов возрастает и в фауне крупных млекопитающих – появляются корсак, сайга, лошадь на фоне присутствия байбака, зайца-беляка, обыкновенной лисицы. В составе фауны появляется барсук. В фауне насекомоядных присутствует средняя бурозубка. В фауне амфибий и рептилий, имеющей степной облик, сохраняется лесной вид *R. temporaria*.

Ближе к современности (Чернышевская-III, слои 1–2) отмечено возрастание лесных

элементов в сообществах животных. У грызунов и птиц доля лесных видов составляет ок.9%. В фауне насекомых присутствуют лесостепные *Carabus estreicheri*, *Otiorhynchus lugustici*, *O. tristis* виды, а также жуужелица *Patrobis asiimilis*, занимающая интразональные биотопы в пределах лесной зоны и мертвоед *Phosphuga atrata*, предпочитающий лесные сообщества. В фауне крупных млекопитающих присутствуют: обыкновенная лисица, заяц-беляк, Mustelidae. Фауна насекомоядных млекопитающих в это время приобретает степной облик – появляются белозубки; при этом доминируют кутора и тундряная бурозубка; присутствуют средняя, малая и крошечная бурозубки. Фауна амфибий и рептилий имеет степной облик. Тип сообществ грызунов и птиц этого времени отнесен к *зональному степному, антропогенно трансформированному*. В степных ландшафтах этого времени возрастает роль лесных колков.

Для обеих территорий степного Пред- и Зауралья подтвержден выявленный ранее [2] многотысячелетний тренд увеличения мезофитности степей в голоцене, связанный с эндогенными процессами развития черноземов и климатическими флуктуациями. Для территории Южного Предуралья в позднем голоцене, ближе к современности выявлен тренд увеличения ксерофильности сообществ животных, что связано с разнонаправленным экзогенным процессом [2] ксерофитизации степных экосистем, вызванный их сельскохозяйственным освоением.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН.

Список литературы

1. Данукалова Г.А. Особенности строения местных разрезов голоценовых и верхнелепестовых отложений в Южноуральском регионе // Геологический сборник. 2009. № 8. С. 29–39.
2. Динесман Л.Г. Вековая динамика рецентных экосистем Северной Евразии. (Наземные экосистемы) // Экология в России на рубеже XXI века: науч. совет по пробл. экол. биол. систем. М., 1999. С.112–146.
3. Кузьмина Е.А. Динамика сообществ мелких млекопитающих Южного Зауралья в позднем плейстоцене и голоцене: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2006. 22 с.
4. Кузьмина Е.А., Улитко А.И. Мелкие млекопитающие Южного Зауралья в среднем голоцене // Динамика экосистем в голоцене: мат-лы V Всерос. конф. с межд. уч. (К 100-летию Л.Г. Динесмана), Москва, 11–15 ноября 2019 г. М.: Медиа-ПРЕСС, 2019. С. 174–176.
5. Лаптева Е.Г. Палинологическое изучение неоген-четвертичных отложений Южного Урала (Лист N-41-I) // Фауны и флоры Северной Евразии в позднем кайнозое: сб. науч. работ. Вып. 6. Екатеринбург-Челябинск: ООО «ЦИКР «Рифей», 2008. С. 232–243.
6. Чибилев А.А. Урал – граница Европы и Азии. СПб., Оренбург, М.: РАН, УрО, Ин-т степи, Рус. географическое о-во, Оренбург. отд-ние., 2011. 166 с.
7. Arslanov Kh., Saveljeva L., Gey N., Klimanov V., Chernov S., Chernova G., Kuzmin G., Tertychnaya, T., Subetto D., Denisenkov V. Chronology of vegetation and paleoclimatic stages of northwestern Russia during the late glacial and Holocene // Radiocarbon. 1999. Vol. 41. Iss. 1. P. 25–45.
8. Bronk Ramsey, C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. Vol. 51. Iss. 1. P. 337–360.
9. Walker M., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L., Fisher D., Long A., Lowe J., Newnham R., Rasmussen S., Weiss H. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a discussion paper by a working group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy) // Journal of Quaternary Science. 2012. Vol. 27. Iss. 7. P. 649–659.

Е.А. Кузьмичева, О.И. Смышляева

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россияkuzmicheva.evgeniya@gmail.com

СОВРЕМЕННЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ (ОСТРОВ БЕРИНГА)

В работе приведены результаты спорово-пыльцевого анализа 19 современных пыльцевых спектров с северной части острова Беринга и близлежащего острова Топорков, полученных с помощью искусственных пыльцевых ловушек. В целом состав спектров соответствует тем растительным сообществам, где экспонировались ловушки. Доминанты спектров травяно-кустарничковых тундр представлены пыльцой *Betula nana*, Ericaceae, Asteraceae, Poaceae. В спектрах высокотравного приморского луга доминирует пыльца Asteraceae, *Artemisia* и Apiaceae. Спектры орнитогенной растительности острова Топорков характеризуются преобладанием Poaceae, Apiaceae и Ranunculaceae. Во всех изученных спектрах присутствует пыльца древесных растений, занесенная ветром с Камчатского полуострова.

Ключевые слова: островные экосистемы, Командорские острова, современный пыльцевой дождь, искусственные пыльцевые ловушки

Е.А. Kuzmicheva, O.I. Smyshlyeva

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russiakuzmicheva.evgeniya@gmail.com

MODERN SPORE-POLLEN SPECTRA OF THE COMMANDER ISLANDS (BERING ISLAND)

The paper presents the results of pollen analysis of 19 modern pollen spectra from the northern part of Bering Island and the nearby Toporkov Island, obtained using artificial pollen traps. In general, the composition of the spectra corresponds to the plant communities where the traps were exposed. The dominants of the grass-shrub tundra spectra are represented by pollen of *Betula nana*, Ericaceae, Asteraceae, and Poaceae. The spectra of the tall-grass coastal meadow demonstrate the predominance of Asteraceae, *Artemisia*, and Apiaceae. The spectra of the ornithogenic vegetation of the Toporkov Island are characterized by the predominance of Poaceae, Apiaceae, and Ranunculaceae. All studied spectra contain arboreal pollen, which is wind transported from the Kamchatka Peninsula.

Keywords: island ecosystems, Commander Islands, modern pollen rain, artificial pollen traps

Одной из проблем современной палинологии является определение соответствия между составом спорово-пыльцевого спектра и составом растительности, продуцирующей этот спектр. Определение условий, влияющих на формирование современных спорово-пыльцевых спектров, позволяет более точно интерпретировать фоссильные спектры отложений голоцена. На Командорских островах исследования современных спорово-пыльцевых спектров ранее не проводились.

Для исследования современных спорово-пыльцевых спектров были использованы модифицированные пыльцевые ловушки Бехлинга [7]. Ловушка представляет собой 50-миллилитровую пластиковую пробирку, содержащую 10 мл глицерина и небольшой комочек стерильной хлопковой ваты, и покрытую пластиковой москитной сеткой [6]. Также в ловушки были добавлены несколько кристаллов тимола для предотвращения развития микроорганизмов. Ловушки были установлены в разных локациях северной части острова Беринга в разных типах растительных сообществ. Также были установлены ловушки на близлежащем к острову Беринга небольшом острове Топорков, который населяют колонии

морских птиц, преимущественно топорков (*Fratercula cirrhata* (Pallas, 1769)). Ловушки экспонировались год с августа по август в течение двух лет (2021-2022 и 2022-2023). Химическая обработка образцов включала обработку 10% HCl с последующей промывкой содержимого на сите 250 мкм, 10% KOH и 40% HF. Затем образцы были обработаны ацетоллизным методом с использованием пропионового ангидрида [3]. Процентные соотношения пыльцы рассчитаны от суммы пыльцы древесных и недревесных палинотипов за исключением спор. Процентное соотношение спор рассчитано также от этой суммы. Всего в работе исследовано 19 пыльцевых ловушек наилучшей сохранности из 7 локаций.

В спектрах современного пыльцевого дождя острова Беринга и близлежащего острова Топорков выявлено 4 древесных, 3 кустарничковых, 22 травянистых палинотипа. Разнообразие спор представлено 6 палинотипами (Рис.). Во всех исследованных спектрах заметно присутствие дальнезаносной пыльцы. Она представлена древесными палинотипами (ель (*Picea*), сосна (*Pinus*), береза (*Betula*), ольха (*Alnus*)). Растительность Командорских островов лишена как древесных, так и стланиковых сообществ [2], поэтому эти палинотипы однозначно можно охарактеризовать как занесенные ветром с Камчатского полуострова.

Состав изученных спорово-пыльцевых спектров сильно варьирует в зависимости от типа растительного сообщества, в котором экспонировались ловушки. Наиболее характерными являются спектры, полученные из образцов, собранных на высокотравном приморском лугу (Д) и на острове Топорков, где представлены сообщества орнитогенной растительности (Е). В растительности высокотравного приморского луга на мысе Северо-Западном (остров Беринга) (Д) преобладают иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium*), борщевик большой (*Heracleum maximum*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), крестовник пальчатолостный (*Jacobaea cannabifolia*), бодяк камчатский (*Cirsium kamtschaticum*), а также злаки (Poaceae), в основном колосняк мягкий (*Leymus mollis*). Спорово-пыльцевые спектры из этой локации демонстрируют преобладание пыльцы семейства астровых (Asteraceae) (26-87%) и полыни (*Artemisia*) (6-60%) (Рис., Д). Также заметно участие пыльцы зонтичных (Apiaceae) (2-22%) и кипрейных (Onagraceae) (0,6-7%). Такой состав спектров хорошо согласуется с родительской растительностью, за исключением злаков, участие пыльцы которых в спектрах высокотравного луга невелико (до 5%).

Состав пыльцевых спектров орнитогенной растительности с острова Топорков также соответствует растительным сообществам, продуцирующим эти спектры. Доминантами спектров здесь являются Apiaceae, Poaceae и Ranunculaceae (лютиковые) (Рис. 1 Е). Разнообразие других палинотипов здесь самое маленькое среди всех изученных образцов, и они представлены единичными пыльцевыми зёрнами. Причина этого заключается в том, что для острова Топорков характерна бедная однообразная орнитогенно-трансформированная растительность, в составе которой отмечено всего 34 вида сосудистых растений из 13 семейств [1; 4]. По занимаемой площади абсолютно преобладают мятликовые (*Poa macrocalyx*) и колосняковые (*Leymus mollis*) сообщества в верхней плоскостной части острова, а также олигодоминантное крупнотравье в прибрежной зоне [1]. Эти два типа растительности хорошо отражены в полученных пыльцевых спектрах с острова Топорков. Образцы из ловушек 9/22/1 и 9/22/2 представляют собой спектры олигодоминантного крупнотравья прибрежной зоны, где они экспонировались. Характерной особенностью этих спектров является преобладание пыльцы Apiaceae (39-61%). Это отражает преобладание представителей семейства зонтичных в прибрежной растительности (борщевик большой, гирчовник китайский (*Conioselinum chinense*), дудник Гмелина (*Angelica gmelinii*), лигустик шотландский (*Ligusticum scoticum*)). Также в спектрах этих образцов в значительном количестве присутствует пыльца Poaceae (22%), что отражает содоминирование злаков (колосняк мягкий, вейник пурпурный (*Calamagrostis purpurea*)) в растительности [4]. Также в значительном количестве присутствует пыльца лютиковых (Ranunculaceae) (до 35%). В растительности присутствуют (в данном месте в значительном количестве) такие виды из этого семейства как борец крупный (*Aconitum maximum*) и лютик

ползучий (*Ranunculus repens*) [5]. Спектр из ловушки 40/22/1 характеризуется абсолютным преобладанием Poaceae, что отражает растительность плоскостной колонии топорков, где была установлена данная ловушка. Здесь преобладают монодоминантные заросли короткокорневищного мятлика крупночашечного (*Poa macrocalyx*), между кочками которого расположены норы топорков и вытопанный ими грунт.

Остальные локации экспонирования ловушек представляют собой разные типы травяно-кустарничковых низкорослых тундр, что нашло свое отражение в их пыльцевых спектрах. Пыльцевые спектры вересковой тундры (Г), представленной шишковым кочкарником, характеризуются преобладанием пыльцы вересковых (Ericaceae) (38-69%) (Рис., Г). Состав растительности осоково-злаково-кустарничковой тундры (А) хорошо отражен в ее пыльцевых спектрах. Здесь отмечена пыльца березы карликовой (*Betula nana*) (8-15%), ивы (*Salix*) (2%), Ericaceae (14-16%), осоковых (*Cyperaceae*) (6-8%), Poaceae (9-20%), хвоща (*Equisetum*) (1-4%) (Рис., А), что полностью соответствует доминантам в растительном покрове. Преобладание пыльцы злаков (27-65%) в спектрах разнотравно-злаково-кустарничковой тундры (Б) также хорошо коррелирует с составом растительности долины реки Морошник в среднем ее течении, где были установлены эти ловушки. Наибольшее разнообразие палинотипов отмечено в образцах из разнотравно-кустарничковой тундры (В). Присутствуют такие палинотипы как гречишные (Polygonaceae) (2%), ирис (*Iris*) (3%), лапчатка (*Potentilla*-type) (3%), камнеломка (*Saxifraga*) (4%), астровые (9%) (Рис., В), что отражает разнообразие разнотравья в данной точке. Однако доминанты спектров в этих двух ловушках различаются - Ариасеae в 2021 году (61%) и Ericaceae в 2022 году (59%). Такие различия могут быть связаны как с особенностями пыления видов этих семейств разные годы, так и спецификой локального места установки ловушек. Спектры осоково-кустарничковой тундры (Ж) также не однородны по составу, однако во всех них в достаточном количестве присутствует пыльца вересковых (13-42%), астровых (6-44%), злаков (1-4%), осоковых (2-3%), зонтичных (1-7%).

Следует отметить, что во всех спорово-пыльцевых спектрах травяно-кустарничковых низкорослых тундр значительную долю занимает пыльца деревьев, являющаяся заносной. Так, в спектрах осоково-злаково-кустарничковой тундры (А) пыльца древесных растений достигает 58%. Предположительно, это может быть связано с низкой пыльцевой продуктивностью этих тундровых сообществ, что приводит к заметному участию заносной пыльцы в спектрах.

Проведенное исследование показало, что в современные пыльцевые спектры, полученные с помощью искусственных пыльцевых ловушек, адекватно отражают локальную растительность разных типов растительных сообществ Командорских островов.

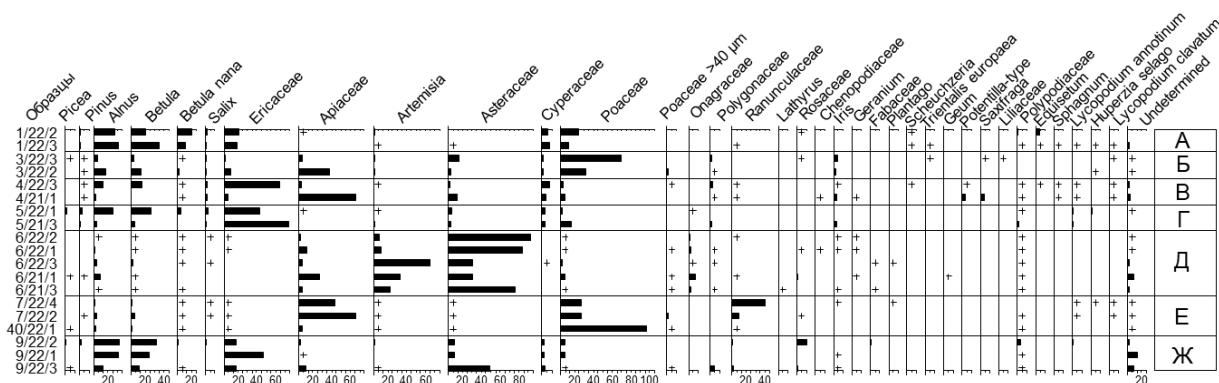


Рис. 1. Процентная диаграмма спорово-пыльцевых спектров из искусственных пыльцевых ловушек острова Беринга (Командорские острова). Типы растительного покрова: А – осоково-злаково-кустарничковая тундра, Б – разнотравно-злаково-кустарничковая тундра, В – разнотравно-кустарничковая тундра, Г – вересковая тундра, Д – высокотравный приморский луг, Е – орнитогенная растительность острова Топорков, Ж – осоково-кустарничковая тундра

Авторы выражают благодарность К.А. Савиной, С.В. Фомину, а также сотрудникам Национального парка «Командорские острова» имени С.В. Маракова за помощь в сборе материала. Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ 25-14-00427 «Устойчивость или уязвимость — островные и морские экосистемы Командорско-Алеутской островной дуги в голоцене».

Список литературы

1. Иванов А.Н. Зоогенный фактор в формировании ландшафтов Командорского заповедника // Русский орнитологический журнал. 2016. Т. 25. Экспресс-выпуск 1302. С. 2317–2325.
2. Крестов П.В. Растительный покров Командорских островов // Ботанический журнал. 2004. Т. 89. № 11. С. 1740–1762.
3. Мазей Н.Г., Новенко Е.Ю. Применение пропионового ангидрида при подготовке проб для спорово-пыльцевого анализа // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2021. Т. 6, № 3. С. 110–112.
4. Мочалова О.А. Флора и растительность в колониях морских птиц Командорских островов // Биология и охрана птиц Камчатки. 2001. Т. 3. С. 72–80.
5. Мочалова О.А. Растительность в зоогенных обитаниях на Командорских островах // Сибирский экологический журнал. 2008. Т. 15. № 2. С. 293–301.
6. Савина К.А., Кузьмичева Е.А., Северова Е.Э., Хасанов Б.Ф., Гирма В.В., Немомисса С., Савинецкий А.Б. Современный пылевой дождь гор Бале (Эфиопия) в высотном градиенте // Известия РАН. Серия биологическая. 2025. № 5. С. 542–556.
7. Behling H., Cohen M., Lara R. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in North-Eastern Pará, Brazil // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2001. Vol. 167. P. 225–242.

Д.А. Куприянов, Е.Ю. Новенко
Институт географии РАН, Москва, Россия
dmitriy Kupriyanov1994@yandex.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИИ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ПАЛЕОАНТРАКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В статье представлены результаты реконструкции динамики ландшафтных пожаров в голоцене центральной части Восточно-европейской равнины. Реконструкция основана на изучении содержания макроскопических частиц угля в озёрных и болотных отложениях 18 разрезов из 10 ключевых участков. Показано, что в результате климатических изменений высокая пожарная активность в раннем голоцене существенно сокращается в среднем голоцене, что привело к трансформации растительного покрова. В позднем голоцене динамика пожарной активности определяется в большей степени антропогенным воздействием.

Ключевые слова: ландшафтные пожары, спорово-пыльцевой анализ, палеоантракологический анализ

D.A. Kuprianov, E.Y. Novenko
Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
dmitriy Kupriyanov1994@yandex.ru

RECONSTRUCTION OF THE HISTORY OF LANDSCAPE FIRES IN THE CENTRAL PART OF THE EAST EUROPEAN PLAIN IN THE HOLOCENE ACCORDING TO MACROCHARCOAL ANALYSIS

The article presents the results of reconstructing the landscape fires dynamics in the Holocene in the central part of the East European Plain. The reconstruction is based on the study of the content of macrocharcoal particles in lacustrine and peat deposits of 18 sections from 10 key sites. It is shown that high fire activity in the Early Holocene is significantly reduced in the Middle Holocene as a result of climatic changes. It is led to the transformation of vegetation cover. In the Late Holocene the dynamics of fires is determined by anthropogenic impact.

Keywords: landscape fires, pollen analysis, microcharcoal analysis

Введение. Режим и периодичность ландшафтных пожаров играют существенную роль в функционировании экосистем, а также оказывают непосредственное влияние на хозяйственную деятельность человека. В свою очередь динамика пожаров связана с большим количеством факторов: климатическими условиями, наличием или отсутствием влияния человека и его с особенностями, ландшафтными особенностями территории, характером растительного покрова, типом топлива и т.д. Реконструкция истории ландшафтных пожаров позволяет определить динамику периодичности пожарных эпизодов и основных факторов, её определяющих, что даёт фундаментальную основу для прогнозирования пожарных режимов в будущем.

Основными палеоархивами, хранящими информацию о ландшафтных пожарах в прошлом, являются озёрные и болотные отложения. Макроскопические (размером $>100\text{ }\mu\text{m}$) частицы угля и обугленных фрагментов древесины, трав, листьев и хвои аккумулируются в органических осадках в результате пожаров, происходивших вблизи (по экспериментальным данным – до 20 км) изучаемого палеоархива, что позволяет использовать их концентрацию для реконструкции истории пожаров на ландшафтном уровне [1]. Важной составляющей подобных реконструкций является сопоставление с данными спорово-пыльцевого анализа и сравнение с известными палеоклиматическими реконструкциями в регионах исследований, а

также археологическими данными. В совокупности эти данные позволяют определить основные факторы, определявшие динамику пожаров на протяжении голоцена.

Материалы и методы. Материалом для реконструкции послужили результаты комплексного анализа болотных и озёрных отложений 18 разрезов в пределах 10 ключевых участков (рис. 1). Участки расположены в разных ландшафтных условиях от средней тайги до лесостепной зоны в пределах центральной части Восточно-Европейской равнины.

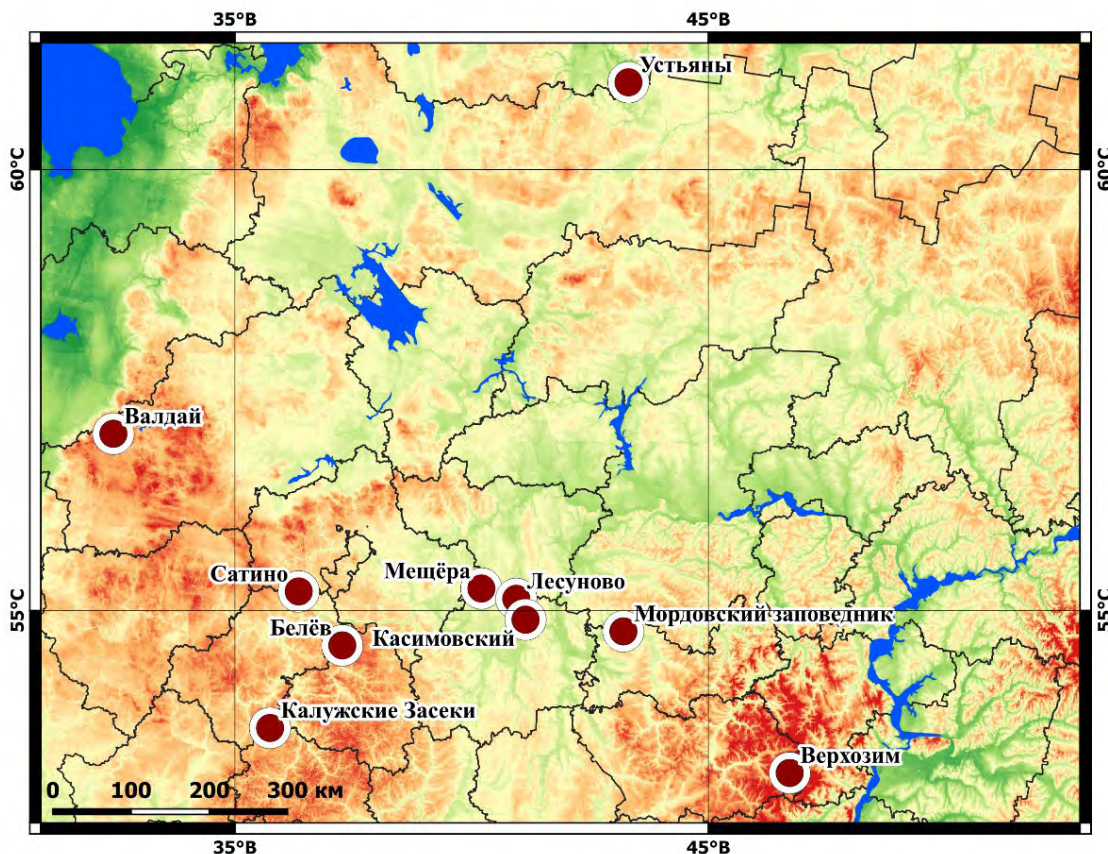


Рис. 1. Расположение ключевых участков исследования

Для реконструкции использовался стандартный метод анализа макроскопических частиц угля в болотных и озёрных отложениях [2]. Образцы объёмом 1 см³ отбирались непрерывно каждый 1 см (в некоторых случаях каждые 2 или 2,5 см), отбеливались в водном растворе NaOCl на протяжении не менее 24 часов и затем промывались через сито с диаметром ячеек 125 μ m. Подсчёт макроскопических частиц угля производился под биноклем при увеличении 25-40-х. Хронологическая основа реконструкций обеспечивалась сериями радиоуглеродных датировок и моделями скоростей накопления осадков, построенными в программе Bacon [3].

Обработка полученных данных основана на стандартизации и детрендинге данных. Первый этап заключается в вычислении значения скорости аккумуляции угля (CHAR – charcoal accumulation rate) с последующим выделением фоновых (отражающих региональную динамику пожаров) и пороговых значений CHAR, необходимых для расчёта локальных пожарных эпизодов – ландшафтных пожаров, происходивших непосредственно на самом болоте или на прилегающей территории радиусом до 20 км. Заключительный этап – расчёт межпожарных интервалов, т.е. временных отрезков между двумя локальными пожарными эпизодами. Расчёты проводилась в программном пакете tapas [4] – модифицированной и адаптированной для программной среды R версией программы CharAnalysis [5]. На основе полученных значений скоростей аккумуляции макрочастиц угля 18 разрезов создана интегральная модель истории лесных пожаров за последние 9000 кал. лет. Создание модели осуществлялось при помощи программного пакета Paleofire [6].

Результаты. Интерпретация интегральной модели активности лесных пожаров (рис. 2), позволяет выделить три основных периода активности ландшафтных пожаров в голоцене. Основанием для выделения служит кривая Z-оценки – интегрального индекса, интерпретируемого как отклонение количества сгоревшей биомассы относительно средних значений за указываемый период [7].

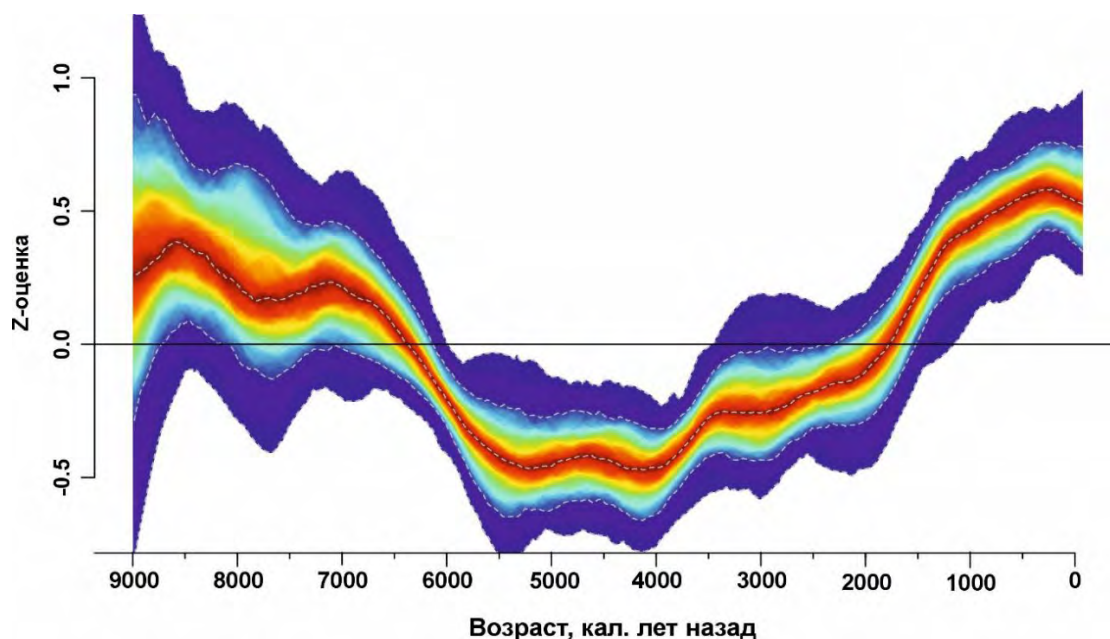


Рис. 2. Модель изменения периодичности лесных пожаров (количества сгоревшей биомассы) за последние 9000 кал. лет. Пунктирными линиями показаны средние значения, а также 90%-й и 95%-й доверительные интервалы. Цветами показана плотность значений

Первый интервал (9000-6000 кал. лет назад) отличается крайне высокими значениями частоты лесных пожаров. Однако тренд в течение всего интервала направлен на снижение количества сгоревшей биомассы. Представленный интервал почти полностью соответствует термическому оптимуму голоцена – периоду с наивысшей теплообеспеченности в пределах изучаемого региона [1], что, вероятно, послужило причиной высокой пожарной активности. Результаты спорово-пыльцевого анализа показывают, что в представленном интервале были широко распространены постпирогенные сосново-берёзовые древостои. При этом синхронно с трендом на уменьшение активности лесных пожаров происходит увеличение доли пыльцы ели и широколиственных пород в пределах практически всех ключевых участков, что говорит о тесной связи между растительными сообществами и пожарными режимами.

Второй период (6000-2000 кал. лет назад) характеризуется отрицательными значениями синтезированной Z-оценки с минимумом в интервале приблизительно 5500-4000 кал. лет назад. После 4000 кал. лет назад наблюдается тренд на медленный и постепенный рост количества сгоревшей биомассы. Палинологические данные свидетельствуют о преобладании смешанных лесов с существенной ролью широколиственных пород или ели в зависимости от ландшафтных условий ключевого участка. Вероятно, климатические изменения в виде похолодания и роста увлажнения привели к снижению частоты лесных пожаров.

Третий период (2000 кал. лет назад – настоящее время) имеет направленный ярко выраженный тренд на увеличение количества сгоревшей биомассы. В пределах разных ключевых участков увеличение частоты лесных пожаров происходит асинхронно, но практически везде рост аккумуляции макрочастиц угля в торфе сопровождается появлением в пыльцевых спектрах индикаторов антропогенных нарушений растительного покрова и увеличение доли вторичных сосново-берёзовых лесов. Доля широколиственных пород существенно сокращается. Однако в пределах различных ключевых участков эти процессы,

имея схожий тренд, отличаются разным временем, что свидетельствует о пространственно-временной неоднородности хозяйственного освоения.

Выводы. Результаты анализа содержания макроскопических частиц угля в органических седиментах и последующего моделирования истории ландшафтных пожаров показывают, что для центральной части Восточно-Европейской равнины можно выделить три основных этапа изменения частоты лесных пожаров: 9000-6000 кал. лет назад с обильными лесными пожарами и преобладанием постпирогенных растительных сообществ, период низкой активности лесных пожаров 6000-2000 кал. лет назад с относительно высокой ролью широколиственных лесов и еловых лесов и период направленного роста количества лесных пожаров начиная с 2000 кал. лет назад по настоящее время. Изменение количества лесных пожаров и их роли в экосистемах в первые два этапа, вероятно, связано с климатическими факторами, в то время как увеличение пожарной активности в последние 2000 лет в большей степени связано с возрастающим воздействием человека на окружающую среду.

Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Новенко Е.Ю. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковье и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС. 2016. 228 с.
2. Conedera M., Tinner W., Neff C., Meurer M., Dickens A., Krebs P. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation // *Quat. Sci. Rev.*, 2009. Vol. 28. Iss. 5–6. P. 555–576.
3. Mooney S., Tinner, W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // *Mires and Peat*, 2011. Vol. 7. P. 1–18.
4. Blaauw M., Christen J. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // *Bayesian Analysis*, 2011. Vol. 6. Iss. 3. P. 457–474.
5. Finsinger W., Bonnici I. Tapas: an R package to perform trend and peaks analysis. 2022.
6. Higuera P. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis. Bozeman: MT, Montana State University, 2009. 27 p.
7. Blarquez O., Vannière B., Marlon R., Danianu A., Power J., Brewer S., Bartlein J. Paleofire: An R package to analyse sedimentary charcoal records from the Global Charcoal Database to reconstruct past biomass burning // *Computers and Geosciences*. 2014. Vol. 72. P. 255–261.
8. Feurdean A., Vannière B., Finsinger W., Warren D., Connor S., Forrest M., Liakka J., Panait A., Werner H., Andrić M., Bobek P., Carter V., Davis B., Diaconu A.-C., Dietze E., Feeser I., Florescu G., Galka M., Giesecke T., Jahns S., Jamrichova E., Kajukalo K., Kaplan J., Karpińska-Kolaczek M., Kolaczek P., Kuneš P., Kupriyanov D., Lamentowicz M., Lemmen C., Magyari E., Marcisz K., Marinova E., Niamir A., Novenko E., Obremaska M., Pędziszewska A., Pfeiffer M., Poska A., Rösch M., Słowiński M., Stancikaite M., Szal M., Święta-Musznicka J., Tanțău I., Theuerkauf M., Tonkov S., Valkó O., Vassiljev J., Siim V., Mihály-Vincze I., Wacnik A., Wiethold J., Hickler T. Fire hazard modulation by long-term dynamics in land cover and dominant forest type in eastern and central Europe. // *Biogeosciences*, 2020. Vol. 17. Iss. 5. P. 1213–1230.

Л.И. Лазукова¹, О.А. Дружинина²

¹*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

²*Российский государственный педагогический университет им. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия*

lazukova@yandex.ru

ПАЛЕОАНТРАКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ РУБЕЖА ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА

В статье представлены результаты антракологического анализа двух позднеледниковых разрезов – Куликово и Утиное Болото (юго-восточная Прибалтика, Калининградская область). Материалы исследования позволили рассмотреть вопрос о появлении и становлении древесной растительности на пост-ледниковых пространствах юго-восточной Прибалтики. Полученные результаты указывают на почти непрерывное локальное присутствие древесной (хвойной и лиственной) растительности на данной территории уже с бёллинга - среднего дриаса (не позднее ~14 тыс. кал.л.н.), что хорошо согласуется с имеющимися палинологическими данными.

Ключевые слова: антракология, юго-восточная Прибалтика, позднеледниковье, древесная растительность

L.I. Lazukova¹, O.A. Druzhinina²

¹*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

²*Herzen University, Saint-Petersburg, Russia*

lazukova@yandex.ru

PALEOANTHRACOLOGICAL ANALYSIS IN THE STUDY OF LATE GLACIAL – HOLOCENE BOUNDARY VEGETATION

The paper presents the results of anthracological analysis of two late Glacial sections - Kulikovo and Utinoe Boloto (southeastern Baltic, Kaliningrad Oblast). The materials of the study allowed us to consider the question of the emergence and establishment of woody vegetation in the post-glacial areas of the southeastern Baltic. The results obtained indicate an almost continuous local presence of woody (coniferous and deciduous) vegetation in the area already from the Bølling - Older Dryas (no later than ~14 ka), which correlates well with the available palynological data.

Keywords: anthracology, southeastern Baltic, late Glacial, woody vegetation

Природная среда на юго-восточной Прибалтики претерпела многочисленные изменения на финальном отрезке плейстоцена и в начале голоцена, связанные с таянием последнего Валдайского ледника и формированием современного облика ландшафтов. Динамичной в этот период была и эволюция растительного покрова. Особого внимания заслуживает вопрос о проявлении и динамике древесной растительности, поскольку ее экологическая роль в формировании облика позднеледниковых и раннеголоценовых ландшафтов была значительна и заключалась во влиянии на микроклимат, формирование физико-химических свойств почвенного покрова, интенсивность поверхностной эрозии, а также на режим поверхностного стока.

В исследовании эволюции древесной растительности, кроме палинологических данных, характеризующих, главным образом, региональную обстановку, используются и другие категории палеоботанической информации, например, растительные макро- и микроостатки (древесина, кора, хвоя, фрагменты эпидермиса), которые служат достоверным дополнительным источником сведений о локальном присутствии древесных пород. Внедряются также новые подходы и методы, к которым, в том числе, относится антракологический анализ.

Метод основан на изучении углей в почве, озерных и торфяниковых отложениях с целью реконструкции пожаров естественного и антропогенного генезиса. Важным для палеоботанических реконструкций является идентификация сгоревшего материала – древесины, листьев, игл хвойных, травы. Одним из направлений антракологического анализа является также определение состава древесины, представленной в виде микроуглей.

Нами изучены образцы отложений двух позднеледниковых разрезов, Куликово и Утиное Болото, расположенных на территории Калининградской области. Антракологический анализ включал подсчет и идентификацию макроскопических (линейные размеры >100 мкм) частиц угля в образцах [1]. Для этого проводилась обработка грунта 9% раствором перекиси водорода H_2O_2 и промывание осадка на сите с диаметром ячейки 0.1 мм. Подсчет частиц макроуглей был выполнен на бинокулярном микроскопе MOTIC SMZ-168 при 20-кратном увеличении. Классификация углей по морфотипам и определение сгоревшего материала проводились согласно C.Mustaphi и M.Pisaric (2014) [1]. Исследование объекта Куликово включало 67 образцов, Утиное Болото - 55 образцов грунта.

Результаты исследования показали, что в образцах разреза Куликово обнаружены 22 морфотипа углей, среди которых идентифицируются древесина, листья деревьев, листья злаков, хвоя, корни и другие растительные карбонизированные макроостатки. Морфотипы, ассоциируемые с древесной растительностью, впервые фиксируются в слое, датированном $13\,987 \pm 140$ кал.л.н. (средний дриас), и обнаружены в 38 образцах, в целом, по всей толще разреза. Выделяются несколько коротких интервалов, где древесный материал не обнаружен; среди них самый продолжительный соответствует $13\,095 - 13\,230$ кал.л.н., что совпадает с холодным событием GI-1b. Исследование разреза Утиное Болото показало, что уголь содержится в 19 образцах из 25, соотносимых с позднеледниковьем. Обнаружены 19 морфотипов; среди ботанических микроостатков идентифицируются аналогичные разрезу Куликово: древесина, листья деревьев, листья злаков и другие. Появление палеоботанических свидетельств древесных пород впервые фиксируется в слое, датированном $14\,400 \pm 800$ кал.л.н. В разрезе только 4 образца из 19 не содержат идентификаторов древесной растительности.

Полученные результаты хорошо согласуются с палинологическими данными, согласно которым примерно с $13\,900 \pm 160$ кал.л.н. начинается постепенный рост процентного содержания древесной растительности. В аллереде это значение составляет 60 – 80%, в позднем дриасе – не опускается ниже 45 – 50%. Таким образом, антракологический анализ может служить как независимым методом, так и быть важным дополнением к палинологическому анализу в реконструкции позднеледниковой и раннеголоценовой растительности.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-17-00113 - П, <https://rscf.ru/project/22-17-00113>

Список литературы

1. Mustaphi C., Pisaric M. A classification for macroscopic charcoal morphologies found in Holocene lacustrine sediments // Progress in Physical Geography. 2014. P. 1–21.

УДК 551.794+56.074.6(470.53)

Е.Г. Лаптева^{1, 4}, Н.Е. Зарецкая², С.В. Копытов^{3, 4}, Д.А. Демаков⁴, Е.Л. Лычагина^{3, 4}

¹*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

²*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

³*Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия*

⁴*Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия*

lapteva@ipae.uran.ru

ДИНАМИКА ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ДОЛИНЫ РЕКИ ВИШЕРА (СЕВЕРНОЕ ПРИКАМЬЕ) В ГОЛОЦЕНЕ

В статье представлены результаты палинологического изучения естественных палеоархивов и культурных слоев памятников эпохи неолита в долине р. Вишера на севере Пермского края. Установлена смена основных лесообразующих пород в раннем и первой половине среднего голоцена: хвойно-мелколиственные (березовые) леса замещались мелколиственно-елово-сосновыми, которые, в свою очередь, сменялись еловыми лесами при участии сосны и березы. Кратковременное распространение березовых лесов в среднем голоcene связано с хозяйственной деятельностью неолитического населения.

Ключевые слова: палеоэкология, споров-пыльцевой анализ, радиоуглеродное датирование, археологические памятники, Пермский край, голоцен

E.G. Lapteva^{1, 4}, N.E. Zaretskaya², S.V. Kopytov^{3, 4}, D.A. Demakov⁴, E.L. Lychagina^{3, 4}

¹*Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia*

²*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

³*Perm State University, Perm, Russia*

⁴*Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia*

lapteva@ipae.uran.ru

FOREST VEGETATION DYNAMICS OF THE VISHERA RIVER VALLEY (NORTHERN KAMA REGION) IN THE HOLOCENE

The article presents the results of palynological study of natural paleoarchives and cultural layers of Neolithic archaeological sites in the Vishera River valley in the north of Perm region. A change in the main forest-forming species in the Early and first half of the Middle Holocene was established: coniferous-small-leaved (birch) forests were replaced by small-leaved-spruce-pine forests, which in turn were replaced by spruce forests with the participation of pine and birch. The short-term spread of birch forests in the Middle Holocene is associated with the economic activity of the Neolithic population.

Keywords: paleoecology, pollen analysis, radiocarbon dating, archaeological sites, Perm region, Holocene

Реконструкция условий существования древних обществ в голоcene базируется на основе палеоэкологических реконструкций природной среды, преимущественно опираясь на результаты палинологических исследований. Разнообразные палинологические летописи, полученные как из природных архивов, так и культурных слоев археологических памятников, позволяют детально реконструировать ход естественных сукцессий растительности и климата и проследить антропогенное влияние на природную среду в тот или иной период существования древних обществ. Совокупность палинологических данных с результатами радиоуглеродного датирования дает возможность установить хронологию смены природных условий и периодов заселения территории. Долина р. Вишера – крупного левого притока р. Кама, на севере Пермского края, где распространены темно- и светлохвойные и смешанные леса средней тайги, является перспективным районом для

получения палинологических палеоархивов разного типа и установления хронологии изменений природной среды.

Согласно археологическим исследованиям, в долине р. Вишера расположены разновозрастные археологические памятники от эпохи неолита до средневековья. Палинологические исследования проведены на стоянках каменного века Хомутовское болото I и II, которые относятся к камской неолитической культуре, датируемой второй половиной VI – V тыс. до н.э. и расположены на дюне на поверхности первой надпойменной террасы в левобережье р. Вишера вблизи одноименного болота.

Спорово-пыльцевые спектры из культурного слоя неолитических памятников Хомутовское болото I и II характеризуются преобладанием пыльцы древесных растений (70–85%) от общей суммы пыльцевых зерен наземных растений. Это указывает на существование лесного типа растительности в период функционирования стоянок. В большинстве спорово-пыльцевых спектров обильна пыльца сосны (*Pinus sylvestris*-type) и березы древовидной (*Betula* sect. *Betula*) при участии ели (*Picea*). Следует отметить высокое содержание пыльцы липы (*Tilia cordata*-type) в палиноспектрах культурного слоя памятника Хомутовское болото II (до 25% от общего количества пыльцы), в то время как в палиноспектрах из культурного слоя памятника Хомутовское болото I ее доля не превышает 5%. Подобное высокое содержание пыльцы липы уже ранее встречалось в культурном слое памятника эпохи неолита Чашкинское Озеро IV (Lychagina et al., 2013). Прежде всего, выявленное обилие пыльцы липы в палиноспектрах культурного слоя свидетельствует о произрастании древесной породы в пределах самой стоянки. Липа обладает быстрым вегетативным (порослевым) размножением и заполняет «свободные окна» в древесном ярусе при исчезновении хвойных пород. Это могло способствовать ее распространению вокруг стоянки вследствие вырубki хвойных деревьев для хозяйственных нужд: строительства кратковременных и/или долговременных сооружений, обогрева жилищ и приготовления пищи. В то же время, обилие пыльцы липы, возможно, связано с оседанием большей части пыльцевого дождя в период цветения породы в непосредственной близости от деревьев в условиях высокой сомкнутости древостоя лесов. Кроме того, экзина ее пыльцевых зерен устойчива к коррозии, что способствует их накоплению в отложениях и продвижению вниз по почвенному профилю. С другой стороны, нельзя исключать специальное привнесение веток липы с цветоносами и складирование на территории стоянки для дальнейшего использования. Таким образом, палиноспектры из культурных слоев неолитических памятников свидетельствуют о распространении южно-таежных лесов в период функционирования стоянок, древостой которых формировали сосна, ель, береза при участии липы, вяза и ольхи.

Детальная палинологическая летопись получена из разреза Данилов Луг-1 (N 60,365204, E 56,756133), который вскрывает типичное заполнение палеорусл. Согласно радиоуглеродным датам, торфяная залежь в разрезе Данилов Луг-1 накапливалась в интервале от 9900 до 6700 кал. л.н.

Результаты палинологического анализа разреза Данилов Луг-1 характеризуют динамику лесной растительности в пределах раннего и первой половины среднего голоцена. В период 9900–8700 кал. л.н. были распространены хвойно-мелколиственные леса таежного типа, причем участие в них сосны было минимальным, поскольку в палиноспектрах преобладает пыльца березы древовидной (40–60%) при участии ели (5–15%) и сосны (менее 20%). В интервале 8700–7600 кал. л.н., роль хвойных пород в лесах стала возрастать, о чем свидетельствует уменьшение содержания пыльцы березы до 30–40% и увеличение доли пыльцы сосны до 30–40% и ели до 20%. В период 7600–6700 кал. л.н. ель была основной лесообразующей породой, о чем свидетельствует возрастание содержания ее пыльцы до 40%, при незначительной доле пыльцевых зерен березы (около 10%). В это же время в палиноспектрах появляются единичные пыльцевые зерна вяза, ольхи и липы. Следует отметить, что в интервале 7000–6700 кал. л.н. в палиноспектрах фиксируется пик пыльцы березы до 30% при небольшом снижении обилия пыльцевых зерен хвойных пород. Данный

кратковременный пик обилия пыльцевых зерен *Betula* соотносится со временем функционирования неолитической стоянки Хомутовское болото II (последняя четверть VI тысячелетия до н.э.), в пыльцевых спектрах культурного слоя которой также наблюдается подобное обилие пыльцы березы. Таким образом, палинологическая летопись разреза Данилов Луг-1 позволяет проследить смену лесообразующих пород таежных лесов долины р. Вишера в раннем и среднем голоцене. В то же время в летописи фиксируется кратковременное распространение вторичных березовых лесов, характеризующее сведение хвойных лесов в результате хозяйственной деятельности неолитического населения.

Второй фоновый палеоархив получен из разреза ХБ-1 (N 60,354408, E 56,701999), который вскрывает строение покровного торфяника на поверхности низкой террасы р. Вишера. Согласно радиоуглеродным датам, отложения начали формироваться 4300-4100 кал. л.н., в конце среднего – начале позднего голоцена. В настоящее время выполняется палинологическое изучение образцов из разреза ХБ-1.

Таким образом, для реконструкции истории развития лесной растительности в долине р. Вишера получены разноплановые палинологические летописи. Во-первых, имеется серия образцов из разрезов культуровмещающих отложений археологических памятников позднего каменного века. Во-вторых, были проведены работы по выявлению перспективных для палинологических исследований объектов и получены летописи из болотных отложений, которые охватывают практически весь голоцен. Совокупность палинологических данных в сопряженности с результатами радиоуглеродного датирования позволяют восстановить хронологию не только естественной смены ведущих лесообразующих пород, но и этапы кратковременных сукцессий древесных пород в период функционирования древних обществ в бассейне р. Вишера.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-68-10023 (<https://rscf.ru/project/23-68-10023/>).

Список литературы

1. *Lychagina E., Zaretskaya N., Chernov A., Lapteva E.* Interdisciplinary studies of the Cis-Ural Neolithic (Upper Kama basin, Lake Chashkinskoe) palaeoecological aspects // *Documenta Praehistorica*. 2013. Vol. XL. P. 209–218.

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ МАЛОЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ В ГОЛОЦЕНЕ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ТОРФЯНИКОВ

В статье представлена реконструкция изменений растительности и климата Малоземельской тундры в голоцене на основе палинологических и палеокарпологических данных из двух многолетнемерзлых торфяников в окрестности озера Голодная Губа (НАО, Архангельская область). Установлено, что в раннем и среднем голоцене в окрестностях существовавшего водоема господствовали лесные сообщества из ели сибирской и березы извилистой. В позднем голоцене начал формироваться тундровый комплекс.

Ключевые слова: палеоэкология, климат, растительность, пыльца, макроостатки растений, голоцен, Арктика

E.G. Lapteva, O.M. Korona

Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Yekaterinburg, Russia

lapteva@ipae.uran.ru

DYNAMICS OF ECOSYSTEMS OF THE MALOZEMLSKAYA TUNDRA IN THE HOLOCENE BASED ON COMPLEX PALEOBOTANICAL DATA FROM PERMAFROST PEATLANDS

The article presents a reconstruction of vegetation and climate changes in the Malozemelskaya tundra in the Holocene based on palynological and plant macrofossil data from two permafrost peatlands in the vicinity of Lake Golodnaya Guba (NAO, Arkhangelsk Region). It has been established that in the early and middle Holocene, forest communities of Siberian spruce and birch tree dominated in the vicinity of the existing reservoir. In the late Holocene, the tundra complex began to form.

Keywords: paleoecology, climate, vegetation, pollen, plant macrofossils, Holocene, Arctic

Малоземельская тундра является частью Российской Арктики и простирается по левобережью низовья р. Печоры до Тиманского кряжа, на севере до береговой линии Баренцева моря, а на юге – до р. Сула. Озеро Голодная Губа (67°51'40" с.ш., 52°40'34" в.д.) расположено на северо-востоке Малоземельской тундры между дельтой р. Печоры на востоке и Ненецкой грядой на западе, в 26 км к северу от г. Нарьян-Мара (Ненецкий автономный округ, Архангельская область). Современная растительность окрестностей озера – кустарниковые тундры с преобладанием ивняков и ерников. Климат – субарктический. В береговых обнажениях озера изучены две торфяные толщи с видимой мощностью более 3 м, из разрезов которых были отобраны образцы для спорово-пыльцевого и палеокарпологического анализов, а также на радиоуглеродное датирование.

Согласно полученной серии радиоуглеродных дат установлено, что палеоархив из торфяника у Черного ручья охватывает более 11.2 тыс. кал. л.н., а из торфяника на мысе Гусиный – около 9.5 тыс. л.н. На основе палеоботанических данных восстановлены следующие этапы заболачивания территории и фазы изменения зональной и локальной растительности окрестностей оз. Голодная Губа в течение голоцена.

Около 11.2 тыс. кал. л.н. началось активное зарастание речных берегов и стариц. Формировались низинные травяные болота вблизи палеоводоема. На них обильно произрастала осока пузырчатая, которая предпочитает обитать на низинных болотах (Егорова, 1999). В близлежащем палеоводоеме активно развивалась водная макрофлора.

В интервале 11.2–9.7 тыс. кал. л.н. произошло проникновение древовидных берез в район исследования, о чем свидетельствуют находки крылаток и пыльцы в отложениях основания торфяника у Черного ручья. Вместе с макроостатками древовидных берез обнаружены единичные семена ели сибирской, а доля ее пыльцы достигает 15%.

На произрастание ели сибирской в раннем голоцене в районе исследования указывают находки семян и хвоинок, которые датируются 9.75–9.5 тыс. кал. л.н. В спорово-пыльцевых спектрах пыльца березы древовидной и ели обильна, содержание пыльцы последней в некоторых палиноспектрах достигает 80%. Вероятно, в это время на водоразделах произрастали еловые и березовые леса с развитым моховым покровом.

Согласно реконструкциям палеоклиматических условий раннего голоцена, полученным на основе пыльцевых данных и состава растительных макроостатков из ряда разрезов Большеземельской тундры, в интервале 11.5–8.5 тыс. кал. л.н. средняя температура вегетационного периода составляла 15–17°C (Väliranta et al., 2015). Вероятное превышение современной температуры вегетационного периода на 2–3°C в раннем голоцене способствовало расселению древесных пород в высоких широтах.

Широкое распространение ельников и березняков таежного типа с участием папоротников в напочвенном покрове было характерно в интервале с 8.6 до 3.5 тыс. кал. л.н., о чем свидетельствует обилие микро- и макроостатков древесных пород и папоротников в отложениях обоих торфяников. В интервале ~8.0(7.9)–4.3 тыс. кал. л.н. в окрестностях встречалась лиственница, поскольку найдены ее семена и устьица в отложениях торфяника у Черного ручья, соответствующих данному времени. В образце из этого же торфяника, датированным интервалом ~4.8–4.3 тыс. кал. л.н., обнаружены семена можжевельника. В настоящее время в окрестностях оз. Голодная Губа встречаются сообщества, не типичные для зональных тундр: островки из ели сибирской, березняки из березы извилистой, заросли из можжевельника и папоротниковые сообщества, образованные щитовником шартским (Николаева, 2013).

О широком распространении лесных формаций в среднем голоцене на севере европейской части в Малоземельской и Большеземельской тундрах свидетельствуют многочисленные радиоуглеродные даты по субфоссильным стволам берез и ели (Кременецкий и др., 1996; Kremenetski et al., 1998; Binney et al., 2009). Датировки субфоссильных стволов лиственницы в одном из разрезов торфяника Малоземельской тундры соответствуют интервалу 6.1–3.8 тыс. кал. л.н. (Величко и др., 1997), что соотносится с полученными палеоботаническими данными. Радиоуглеродная датировка ствола сосны (*Pinus* sp.) из торфяника в Малоземельской тундре, севернее района исследования, соответствует возрасту 3.7–3.5 тыс. кал. л.н. (Величко и др., 1997), но в изученных торфяных отложениях ее макроостатки не обнаружены. Хотя в обоих торфяниках доля пыльцы сосны в спорово-пыльцевых спектрах среднеголоценового возраста возросла до 10–20% с единичного содержания в раннем голоцене, вопрос о произрастании сосны в районе исследования остается открытым.

Согласно реконструкциям палеоклимата по палинологическим данным из разрезов Большеземельской тундры (Andreev, Klimanov, 2000), в среднем голоцене годовая температура могла превышать современные температуры на 2–3°C, количество осадков было больше на 100 мм. В результате смены гидрологического режима мезотрофные болота в районе исследования трансформировались в олиготрофные, о чем свидетельствуют данные из разреза у Черного ручья. Из подошвы слаборазложившегося коричневого торфа получена дата 7350±50 кал. л.н., маркирующая обилие остатков осоки пепельно-серой, которая является растением-олиготрофом (Егорова, 1999). В разрезе торфяника на мысе Гусином появляется осока плетевидная, предпочитающая расти на моховых, преимущественно сфагновых болотах (Егорова, 1999). Остатки мезотрофных растений на этом уровне практически не встречаются, а появляются олиготрофы: водяника и сфагновые мхи.

В позднем голоцене началось формирование тундрового комплекса. В торфянике у Черного ручья начиная с глубины 125–130 см (3530±70 кал. л.н.) и выше по разрезу

наблюдается резкое снижение доли пыльцы деревьев, возрастает обилие карликовой березки и ольховника; макроостатки древесных растений не обнаружены. В разрезе торфяника на мысе Гусином также возросло обилие пыльцы и остатков карликовой березки, макроостатки деревьев отсутствуют. Активно формировались верховые болота с доминированием олиготрофных растений, преимущественно верескообразных кустарничков и сфагновых мхов, на что указывает обилие их микро- и макроостатков.

В настоящее время непосредственно над торфяником у Черного ручья в растительном покрове встречаются багульник, голубика, морошка, водяника, брусника, подбел узколистый, карликовая березка и ряд других видов, макроостатки которых обильны в образце дерна. Несмотря на присутствие единичных островков ели сибирской и березы извилистой на водоразделах среди зональной тундровой растительности вблизи торфяника, макроостатки деревьев в образце дерна над торфяником не обнаружены. Торфяник на мысе Гусином расположен недалеко от островка березы извилистой с карликовой березой и голубикой, но в образце дерна макроостатков березы древовидной не обнаружено, хотя обилие пыльцы достигает 40%.

Таким образом, изученные палеоархивы из двух многолетнемерзлых торфяников на противоположных берегах озера отражают близкие по временным рамкам изменения растительных сообществ Малоземельской тундры в окрестностях палеоводоема, существовавшего на месте современного оз. Голодная Губа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 25-24-00244, <https://rscf.ru/project/25-24-00244/>

ЛИТЕРАТУРА

1. Величко А.А., МакДональд Г.М., Кременецкий К.В., Андреев А.А., Борисова О.К., Дафф К., Зайц Д., Зиб Б., Клайден С., Левек А., Лэнг Т., Свинар Л., Уорнер Б., Эдвардс Т. Новые данные об изменении северной границы леса в голоцене // Доклады РАН. 1997. Т. 352. № 5. С. 690–692.
2. Егорова Т.В. Осоки (*Carex* L.) России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская гос. химико-фармацевтическая академия; Сент-Луис: Миссурийский ботанич. сад, 1999. 772 с.
3. Кременецкий К.В., МакДональд Г.М., Галабала Р.О., Лавров А.С., Чичагова О.А., Пустовойтов К.Е. Об изменении северной границы ареалов некоторых видов деревьев и кустарников в голоцене // Ботанический журнал. 1996. Т. 81. № 4. С. 10–25.
4. Николаева Н.М. Растительность и флора сосудистых растений окрестностей озера Голодная Губа // Озеро «Голодная Губа. Заказник «Нижнепечорский»: сборник статей. Нарьян-Мар: ГБУК «Ненецкий краеведческий музей», 2013. С. 15–21.
5. Andreev A., Klimanov V. Quantitative Holocene climatic reconstruction from Arctic Russia // Journal of Paleolimnology. 2000. Vol. 24. P. 81–91.
6. Binney H., Willis K., Edwards M., Bhagwat S., Anderson P., Andreev A., Blaauw M., Damblon F., Haesaerts P., Kienast F., Kremenetski K., Krivonogov S., Lozhkin A., MacDonald G., Novenko E., Oksanen P., Sapelko T., Väliranta M., Vazhenina L. The distribution of late-Quaternary woody taxa in northern Eurasia: evidence from a new macrofossil database // Quaternary Science Reviews. 2009. Vol. 28. P. 2445–2464.
7. Kremenetski C., Sulerzhitsky L., Hantemirov R. Holocene history of the northern range limits of some trees and shrubs in Russia // Arctic and Alpine Research. 1998. Vol. 30. Iss. 4. P. 317–333.
8. Väliranta M., Salonen J., Heikkilä M., Amon L., Helmens K., Klimaschewski A., Kuhry P., Kultti S., Poska A., Shala S., Veski S., Birks H. Plant macrofossil evidence for an early onset of the Holocene summer thermal maximum in northernmost Europe // Nature Communications. 2015. Vol. 6: 6809.

ГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ О. ЖИЖГИН В БЕЛОМ МОРЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. ВОДОНОСНОГО

В работе приведены первые результаты палеолимнологических исследований на острове Жижгин в Белом море. На спорово-пыльцевой анализ изучена колонка донных отложений озера Водоносного. Полученные результаты отражают историю озера и растительности острова с атлантического периода.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, Белое море, островные озера, озерные отложения, палеолимнология

D.N. Levkova¹, T.V. Sapelko², T.Yu. Repkina³, Yu.A. Kublitsky¹, P.A. Leontyev¹

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

²Institute of Limnology RAS – SPC RAS, St. Petersburg, Russia

³Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

velajrad@gmail.com

HOLOCENE HISTORY OF ZHIZHGIN ISLAND IN THE WHITE SEA BY STUDYING THE SEDIMENT SEQUENCES OF LAKE VODONOSNOE

The paper presents the first results of paleolimnological studies on Zhizhgin Island in the White Sea. The sediment sequences of Lake Vodonosnoe was studied by pollen analysis. The results obtained reflect the history of the lake and the island's vegetation since the Atlantic period.

Keywords: pollen analysis, island flora, White Sea, lake sediments, paleogeography

В Белом море расположено более 3 тысяч островов, образовавшихся в результате гляциоизостатических и прибрежно-морских процессов, действовавших на фоне изменения уровня моря. Особенностью островных экосистем является их максимальная изолированность от внешних факторов. Палинологическая изученность островов Белого моря в настоящее время неравномерная и недостаточная. Так, в большей степени исследованы Соловецкие острова [3, 6, 9] и острова в Кандалакшском заливе [2; 7].

Остров Жижгин расположен у входа в Двинский залив в 5 км к северу – северо-западу от мыса Ухтнаволок Летнего берега Онежского полуострова (Рис. 1, А и Б), на моренной гряде, которая тянется по дну проливов Жижгинская и Восточная Соловецкая Салма от Онежского полуострова до Соловецких островов [5]. Площадь острова составляет ~3 км². Здесь расположено около 17 озёр, часть которых сообщается с морем, речная сеть отсутствует, остров заболочен. Рельеф о. Жижгин сформирован на краевых постройках невиской стадии деградации валдайского оледенения, изменённых прибрежно-морскими процессами. Наивысшая точка острова имеет отметку 28.7 м над уровнем моря (н.у.м.). Выделены 3 геоморфологических уровня. На высотах 17-28.7 м н.у.м. расположен останец моренной гряды, вероятно, сглаженный морем во время позднеледниковой трансгрессии. На высотах 15-17 м н.у.м. развита абразионно-аккумулятивная терраса. Она ограничена древними береговыми линиями (17-17.5 и 15-15.5 м н.у.м.), облик которых указывает на стабилизацию относительного уровня моря на этих высотах. Котловина оз. Водоносного

(урез 14.1 м, порог стока - 15 м н.у.м.), расположенная на этой террасе, с севера, запада и востока отделена сглаженными моренными грядами, а с юга — галечно-валунными береговыми валами. Судя по датам из отложений озера (Рис. 1, В), терраса образовалась во время среднеголоценовой трансгрессии Тапес. Ниже 10 м н.у.м. развиты абразионно-аккумулятивные террасы с галечными или песчаными береговыми валами и дюнами, что свидетельствует о более длительной переработке ледниковых отложений в береговой зоне, т.е. о замедлении понижения относительного уровня моря. Здесь, в западной части острова, обнаружены археологические стоянки (рис. 1, Б).

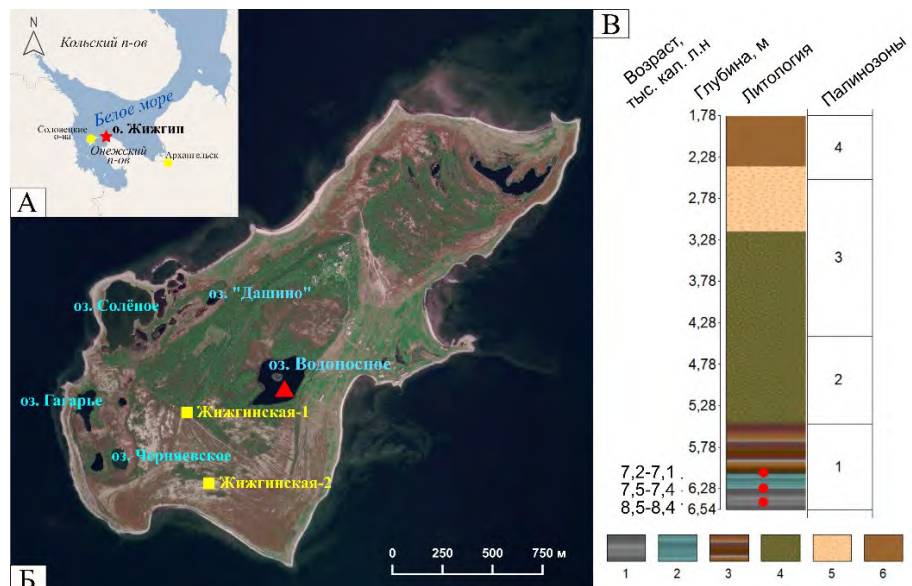


Рис. 1. А – расположение о. Жижгин в Белом море; Б – Расположение изучаемого озера на о. Жижгин. Красным треугольником обозначено место отбора колонки донных отложений.

Желтыми квадратами обозначено расположение археологических стоянок; В – литологическая колонка донных отложений оз. Водоносного: 1 – глинистый серый алеврит с мелкозернистым песком, 2 – темно-серая глинистая слабоопесчаненная гиттия, 3 – переслаивания коричневой гиттии слабоопесчаненной и серого алеврита, 4 – зеленовато-коричневая глинистая слабоопесчаненная гиттия, 5 – бежевая гиттия слабоопесчаненная с единичными крупными зёрнами и макроостатками; 6 – коричневая гиттия обводнённая

На острове первые временные стоянки людей, судя по археологическим данным, появляются в II-I в. до н.э. [4], однако, вблизи оз. Водоносного они не обнаружены. Возможно, территория вокруг озера была настолько заболочена, что к нему было сложно пройти. В XVIII в. здесь появился один из первых маяков на Белом море. С XX в. на острове началась добыча морских водорослей, а с 1930-х до конца 1960-х здесь был завод, на котором производился йод. По документам население острова составляло 600 человек, большая часть из них являлась переселенцами, в том числе спецконтингентом. Жители вели сельское хозяйство, на огородах, помимо овощей, выращивали картошку и подсолнухи [1].

Остров находится в лесотундровой зоне, здесь распространены злаковые и осоковые приморские луга, заросли березы, ольхи и ивы, редкие участки сосновых и берёзовых низкорослых древостоев, лишайниково-моховое и кустарничковое покрытие каменистых поверхностей. Изучены субрецентные пробы озер Водоносное и Черняевское, где палиноспектры адекватно отражают современную растительность на острове, обнаруженная в значительных количествах пыльца сосны и ели частично является заносной [8].

В рамках изучения острова проводились палеолимнологические исследования. Получены первые результаты по колонке донных отложений оз. Водоносного (Рис. 1, В). Озеро Водоносное (65°11'51" с.ш., 36°48'36" в.д.) расположено в 300 м от моря. Средняя глубина озера до 1,8 м, в центре озера имеется небольшой остров, покрытый осокой.

Территория вокруг заболочена, по берегу растут кусты ивы и луговое разнотравье. Отбор колонки донных отложений проводился в точке с глубины 1,78 м. Мощность колонки составила 4,76 м, выполнено литологическое описание (Рис. 1, В). По результатам спорово-пыльцевого анализа выделено 4 палинозоны.

Палинозона 1 (6,54 – 5,50 м). В общем составе преобладает пыльца древесных пород (66-82%), среди которых наибольшие доли у пыльцы *Pinus* (27-46%) и *Betula* (24-37%) и *Picea* (3-10%). Содержание пыльцы травянистых составляет 11-25%, наблюдается разнотравье с преобладанием пыльцы *Roaseae* и *Cyperaceae* (до 9%). Постоянно в небольших количествах встречается пыльца широколиственных пород *Ulmus* (до 0,8%), *Tilia* (до 0,4%) и *Corylus* (до 1,5%). Всё это может свидетельствовать о распространении в этот период древесной растительности на острове. Климат был теплый и влажный. В период формирования данной палинозоны происходит процесс постепенной изоляции озера путём отчленения от моря, на что указывает литологический состав. В нижней части палинозоны, где отложения представлены глинистым серым алевритом с мелкозернистым песком и темно-серой глинистой слабоопесчаненной гиттией (Рис. 1, В), отмечено максимальное преобладание древесных пород, отсутствие пыльцы водной растительности и небольшое содержание пыльцы трав, характерных для несформированных почв морских побережий. Всё это позволяет говорить о морских условиях формирования отложений нижней части палинозоны 1. Выше во время переслаивания коричневой слабоопесчаненной гиттии и серого алеврита происходит явное перемешивание осадков. Процентное содержание пыльцы древесных пород сокращается за счет увеличения пыльцы трав. Видимо, площадь осушенных берегов становится больше, где появляется прибрежная растительность. Озеро отделяется от моря, однако связь с морем еще очень активная, в результате чего происходит перемешивание осадка. В нестабильных условиях со второй половины палинозоны начинает единично появляться пыльца водных растений, таких как рдесты и кубышки, берег зарастает рогозом. Тогда же единично появляются колонии пресноводных водорослей *Pediastrum*. Высокое содержание спор *Glomus*, присутствие которых связано с эрозией почвы [10]. Вероятно, палинозона 1 формировалась в середине атлантического периода, что подтверждают радиоуглеродные даты – 8,5-8,4, 7,5-7,4 и 7,2-7,1 тысяч калиброванных лет назад (Рис. 1, В).

Палинозона 2 (5,50 – 4,44 м). Сокращается доля пыльцы древесных в общем составе (58-75%). Преобладает пыльца *Pinus* (21-37%) и *Betula* (19-30%), содержание пыльцы *Picea* сокращается до 8%. Стабильно присутствует пыльца вяза, липы и дуба. Содержание пыльцы травянистых сокращается до 13-18%, среди которых по-прежнему преобладает пыльца *Roaseae* и *Cyperaceae*. Содержание спор увеличивается до 13-20% за счёт резкого увеличения доли спор *Dicranum* и *Equisetum*. На этом этапе озеро окончательно изолируется от моря, на что указывает формирование гиттии, появление и распространение водной растительности, характерной для пресноводных озер. Так, например, впервые появляется полушник, в озере распространяются водоросли *Pediastrum*. На берегах формируется разнотравный луг, территория заболачивается. Палинозону можно отнести к концу атлантического периода.

Палинозона 3 (4,44 – 2,55 м). Доля древесных продолжает сокращаться и теперь составляет 53-67%. Преобладает доля пыльцы *Pinus* (до 30-39%), сокращается доля *Betula* до 20%. Увеличивается и достигает максимальных значений по всему разрезу содержание пыльцы *Picea* (7-15%). Пыльца термофильных широколиственных пород встречается с перерывами, её доля значительно сократилась. Процент содержания пыльцы трав возрастает до 25,5%, увеличивается разнообразие таксонов. Доля споровых увеличивается до 15-29%. Продолжает преобладать споры *Dicranum* (до 18%), но к концу палинозоны их доля резко снижается до минимальных значений. В этот период увеличивается площадь открытых и частично заболоченных территорий, занятых разнотравьем и мхами. Увеличивается площадь распространения ели. В озере постепенно пропадают рдест, кубышки и уруть, появляется частуха. Палинозона отражает условия суббореального периода.

Палинозона 4 (2,55 – 1,78 м). Содержание пыльцы древесных в пределах 61-71%. Преобладает пыльца *Pinus* (26-38%) и *Betula* (20-33%), при этом доля пыльцы *Pinus* со второй половины палинозоны уменьшается, а *Betula* - возрастает. Резко снижается содержание пыльцы *Picea*. Практически исчезает пыльца широколиственных. Доля травянистых составляет 20-26%. В общем составе преобладает пыльца Poaceae, Ericaceae и Cyperaceae. Содержание споровых сокращается до 9-15%. Формируется современный растительный облик острова – открытые пространства злаково-осоковых и вороничниковых участков, берёзовые заросли с ольхой и ивой. Сосна на острове присутствует, однако, деревья имеют угнетённый вид и не представляют единый лесной массив, очевидно, что основной процент пыльцы сосны заносный. В озере произрастают рдесты, кубышки и частуха. Берега озера несколько заболочены. Увеличивается роль рудеральных трав, что указывает на активное освоение острова человеком. Палинозона формировалась в субатлантическом периоде.

Изучение колонки донных отложений оз. Водоносного показало, что начало изоляции озера от моря происходило в атлантический период, окончательно отделилось в конце атлантического периода. Далее в суббореальный период озеро развивалось в основном под влиянием климата, а в субатлантический – под влиянием климатических и антропогенных факторов. Результаты спорово-пыльцевого анализа отражают историю развития растительности острова с атлантического периода по настоящее время.

Палинологические исследования выполнены по теме государственного задания ИНОЗ РАН-СПб ФИЦ РАН № FFZF-2024-0001, геоморфологические исследования выполнены по теме государственного задания ИГ РАН № FMWS-2024-0005.

Список литературы

1. Дом с видом на море // Журнал национального парка «Онежское поморье» «Мы – соседи!». 2024. № 16.
2. Кожин М.Н., Ершова Е.Г., Смышляева О.М., Попова К.Б. Современные спорово-пыльцевые спектры островов Белого моря (Порья губа) // Вестник Московского университета. Серия 5, География. 2015. № 3. С. 58–69.
3. Левкова Д.Н., Сапелко Т.В., Леонтьев П.А., Субетто Д.А. Роль древесных пород в формировании растительности голоцена на о. Анзер (Белое море) по данным спорово-пыльцевого анализа донных отложений оз. Надбанного // Морские и озёрные бассейны восточной периферии Балтийского щита в четвертичное время. 2024. С. 56–60.
4. Мартынов А.Я. Первобытная археология островов Южной части Белого моря. Архангельск: Соловецкий музей-заповедник. 2010. 364 с.
5. Репкина Т.Ю., Кублицкий Ю.А., Леонтьев П.А., Орлов А.В., Левкова Д.Н., Василюк В.А. Условия развития береговой зоны Белого моря в голоцене: о. Жижгин // Динамика экосистем в голоцене: материалы VI Всероссийской научной конференцией. 2022. С. 138–142.
6. Сапелко Т.В., Субетто Д.А. История развития озёрных ландшафтов Соловецких островов // Научно-практическая конференция по водным ресурсам, включая биологические ресурсы, Соловецкого архипелага. 2014. С. 51–53.
7. Шелехова Т.В., Лаврова Н.Б., Ваишков А.А., Толстобров Д.С. Палеогеографические реконструкции природной среды на Карельском берегу Белого моря (район о. Соностров) // Морские и озёрные бассейны восточной периферии Балтийского щита в четвертичное время. 2024. С. 108–112.
8. Levkova D., Sapelko T., Leontiev P., Kublitskiy Yu., Repkina T. A reflection of modern vegetation of the Zhizhgin Island (White Sea) in pollen spectra of lake sediments // Limnology and Freshwater Biology. 2024. Iss. 4. P. 374–379. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-374>

9. *Sapelko T.V., Subetto D.A.* Palaeoecological data from Holocene lake sediments in the Solovki Islands, the White Sea // 9th European Paleobotany-Palynology Conference, 2014. P. 242.
10. *Van Geel B., Coope G., van der Hammen G.* Palaeoecology and Stratigraphy of the Lateglacial Type Section at Usselo (The Netherlands) // Review of Palaeobotany and Palynology. 1989. Iss. 60. P. 25–129.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ-ГОЛОЦЕНЕ

Исследованы донные отложения оз. Пертозеро, расположенного на юго-восточном побережье Онежского залива Белого моря. Установлено, что в позднеледниковое время котловина озера являлась частью пресноводного приледникового бассейна, регрессия которого ниже 11,6 м над у.м. (современная отметка Пертозера) произошла ок. 11100 кал. л.н. Анализ результатов предшествующих исследований разрезов морских террас данного участка побережья показал, что в раннем голоцене относительный уровень моря превышал 4-5 м над у.м., а в среднем голоцене – 7-7,5 м над у.м., не достигая, однако 11 м над у.м. Об этом свидетельствует присутствие в составе диатомовых комплексов голоценовых отложений оз. Пертозеро исключительно пресноводных видов. Установлено, что уровень среднеголоценовой трансгрессии тапес в районе исследования не превышал 9,5 м над у.м., тогда как на северном побережье он достигал 18,5 м над у.м., что, вероятно, указывает на различие амплитуд изостатической компенсации.

Ключевые слова: изменения уровня Белого моря, Онежский залив, палеолимнология

A.V. Ludikova¹, D.D. Kuznetsov¹, D.A. Subetto², P.A. Leontev²

¹*Institute of Limnology RAS – SPC RAS, Saint-Petersburg, Russia*

²*Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia*

ellerbeckia@yandex.ru

RECONSTRUCTION OF THE RELATIVE SEA-LEVEL CHANGES IN THE ONEGA BAY OF THE WHITE SEA IN THE LATE GLACIAL AND THE HOLOCENE

Sediment sequence from Lake Pertozero located on the south-eastern coast of the Onega Bay, the White Sea, has been studied. It was inferred that during the Late Glacial the lake basin was occupied by the freshwater ice lake that subsequently regressed below the 11,6 m a.s.l. (present elevation of Lake Pertozero) ca. 11100 cal. yrs. BP. Reviewing the previous studies of the marine terraces in the study area showed that in the Early Holocene the relative sea-level exceeded 4-5 m a.s.l., while in the Mid Holocene it rose above 7-7,5 m a.s.l., however, never reaching 11 m a.s.l. It is supported by the presence of exclusively freshwater diatoms in the Holocene sediments of Lake Pertozero. The level of the mid-Holocene Tapes transgression in the study area apparently did not exceed 9,5 m a.s.l. while on the northern coast of the Onega Bay it could have reached 18,5 m a.s.l., which could be explained by different isostatic rebound.

Keywords: sea-level changes of the White Sea, Onega Bay, paleolimnology

Эволюция Беломорского побережья в поздне- и послеледниковое время определялась различной степенью участия гляциоизостатических и неотектонических процессов, связанной с различным расстоянием до центра оледенения, возрастом и характером дегляциации, тектоническим режимом. В результате продолжительность и амплитуды трансгрессивно-регрессивных этапов развития Белого моря оказываются неодинаковыми как для берегов, приуроченных к Фенноскандинавскому щиту и Русской плите, так и для участков в пределах этих тектонических мегаструктур.

Вопрос об изменении относительного уровня моря в Онежском заливе Белого моря остается окончательно не решенным. Изучение донных отложений прибрежных озер на его южном и юго-западном берегах не дало возможности реконструировать здесь динамику

береговой линии из-за отсутствия очевидных свидетельств проникновения морских вод и последующей изоляции от морского бассейна [2]. В то же время изучение разрезов морских террас на юго-восточном побережье Онежского залива позволило говорить о более высоком по сравнению с современным уровнем моря [1; 3]. Однако не была установлена амплитуда трансгрессивно-регрессивных стадий, что не позволяло составить целостную картину перемещения береговой линии в поздне- и послеледниковое время.

С целью выявления свидетельств трансгрессивно-регрессивных стадий развития Белого моря и определения положения верхней морской границы на юго-восточном побережье Онежского залива было проведено лито-, био- и хроностратиграфическое изучение донных отложений оз. Пертозеро (11,6 м над у.м.). Привлечение ранее опубликованных результатов изучения разрезов морских террас позволило выполнить реконструкцию изменения относительного уровня моря в позднеледниковье-голоцене.

В результате было установлено, что в позднеледниковое время оз. Пертозеро являлось частью крупного пресноводного приледникового водоема, уровень которого составлял не менее 30 м. Ок. 11100 кал. л.н. уровень этого бассейна опустился ниже отметки оз. Пертозера. В дальнейшем, на протяжении всего голоцена, в его котловине существовали пресноводные условия, о чем свидетельствует присутствие в составе диатомовых комплексов исключительно пресноводных диатомей. Таким образом, верхняя морская граница на юго-восточном побережье Онежского залива устанавливается на отметках ниже 11 м над у.м.

Полученные данные, дополненные опубликованными материалами о строении разрезов морских террас, позволили выделить следующие этапы вертикального перемещения береговой линии для данного участка побережья Онежского залива [6]: 1) регрессия приледникового бассейна в начале голоцена, 2) трансгрессия морского бассейна в раннем голоцене до 8 м над у.м., 3) понижение относительного уровня моря ниже 4-5 м над у.м., завершившееся до ~7600 кал. л.н., 4) среднеголоценовая трансгрессия, не превышавшая 9,5 м над у.м., 5) регрессия, начавшаяся ранее 4500 кал. л.н. и завершившаяся понижением уровня моря до современных отметок.

Выявлено различие максимального уровня среднеголоценовой трансгрессии тапес в районе исследования (не более 9,5 м над у.м.) и на северном побережье Онежского залива (до 18,5 м над у.м. [4; 5]). По-видимому, амплитуды изостатической компенсации на этих участках были разными вследствие различной мощности ледникового покрова и/или скорости дегляциации.

Исследования выполнены в рамках госзадания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме FFZF–2024–0002 (Д.Д. Кузнецов, А.В. Лудикова).

Список литературы

1. Боярская Т.Д., Полякова Е.И., Свиточ А.А. Новые данные о голоценовой трансгрессии Белого моря // ДАН СССР. 1986. Т. 290. № 4. С. 964–968.
2. Колька В.В., Корсакова О.П., Лаврова Н.Б., Шелехова Т.С., Толстоброва А.Н., Толстобров Д.С., Зарецкая Н.Е. Стратиграфия донных осадков малых озер и палеогеография западного берега Онежского залива Белого моря в позднеледниковье и голоцене // Геоморфология. 2018. № 2. С. 48–59.
3. Кошечкин Б.И., Девятова Э.И., Каган Л.Я., Пунинг К. Позднеледниковые морские трансгрессии в Онежском Беломорье // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера Европейской части СССР. Петрозаводск: Карельск. филиал АН СССР, 1977. С. 5–16.
4. Леонтьев П.А., Субетто Д.А., Репкина Т.Ю., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Кублицкий Ю.А., Сапелко Т.В., Зарецкая Н.Е., Фирсенкова В.М., Потахин М.С., Сырых Л.С., Толстобров Д.С. Реконструкция относительного перемещения уровня моря в голоцене на

северо-западе Онежского полуострова (Губа Конюхова, Белое море) на основе палеоолимологических исследований // Известия РАН. Серия Географическая. 2022. Т. 86. № 6. С. 933–945. <https://doi.org/10.31857/S2587556622060097>

5. Репкина Т.Ю., Романенко Ф.А., Лудикова А.В., Зарецкая Н.Е. Северо-западные берега Онежского полуострова Белого моря в голоцене: условия развития, динамика, хронология // Известия РАН. Серия Географическая. 2020. Т. 84. № 6. С. 888–904. <https://doi.org/10.31857/S2587556620060096>

6. Ludikova A., Subetto D., Kuznetsov D., Leontev P. Relative sea-level changes in the southern part of the Onega Bay of the White Sea in the Late Glacial and the Holocene // Doklady Earth Sciences. 2025. Vol. 522. Article number 26. <https://doi.org/10.1134/S1028334X25605814>

М.С. Лукьянычева, О.Н. Соломина
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
mashluk95@igras.ru

КОЛЕБАНИЯ ЛЕДНИКОВ ЕВРАЗИИ В ГОЛОЦЕНЕ НА ОСНОВЕ ^{10}Be ДАТИРОВОК МОРЕН

Работа посвящена обзору и анализу данных по колебанию ледников Евразии в голоцене на основе метода космогенного датирования по изотопу ^{10}Be . Сопоставление данных из Гималаев, Тибета, Тянь-Шаня и Кавказа показало, что динамика оледенения была регионально неоднородной и определялась как глобальными климатическими изменениями, так и локальными факторами. Наиболее детальная хронология получена для Гималаев и Тибета, где выделяются многочисленные стадии, тогда как для Кавказа данные остаются ограниченными. Обзор подчёркивает необходимость дальнейших исследований для уточнения синхронности ледниковых событий и их климатических причин.

Ключевые слова: космогенное датирование, Кавказ, Гималаи, Тибет, *in situ* ^{10}Be , малый ледниковый период

M.S. Lukyanycheva, O.N. Solomina
Institute of geography RAS, Moscow, Russia
mashluk95@igras.ru

HOLOCENE FLUCTUATIONS OF EURASIAN GLACIERS BASED ON ^{10}Be EXPOSURE AGES OF MORAINES

The study provides a review and analysis of data on Holocene glacier fluctuations in Eurasia based on the cosmogenic ^{10}Be dating method. A comparison of records from the Himalayas, Tibet, Tien Shan, and the Caucasus shows that glacial dynamics were regionally heterogeneous, controlled both by global climatic shifts and by local factors. The most detailed chronologies have been obtained for the Himalaya–Tibet region, where multiple glacier stages are recognized, whereas data for the Caucasus remain limited. The review highlights the need for further research to refine the synchrony of glacial events and their climatic drivers.

Keywords: cosmogenic dating, Caucasus, Himalayas, Tibet, *in situ* ^{10}Be , Little Ice Age

Изучение колебаний ледников и их масштабов имеет ключевое значение для понимания природной изменчивости климата и построения прогнозов, определяющих будущие климатические сценарии. Ледники служат чувствительным индикатором изменений температуры и осадков, демонстрируя динамичные реакции на климатические колебания. Развитие метода космогенного датирования по радионуклидам (^{10}Be , ^{26}Al , ^{14}C и др.) значительно расширило возможности палеогляциологических реконструкций (например, Fabel и Harbor, 1999; Gosse и Phillips, 2001; Ivy-Ochs et al., 2014). В отличие от традиционных подходов (радиоуглеродное датирование, дендрохронология, лихенометрия и др.), космогенное датирование фиксирует момент экспонирования морен и ледниковых отложений, что позволяет получать более точные и независимые временные ограничения (Gosse и Phillips, 2001; Dunai, 2010). Измерение концентрации нуклида в поверхностном слое горных пород позволяет определить продолжительность времени, прошедшего с момента их выхода на дневную поверхность – начала воздействия космического излучения. Такой метод позволяет датировать обвальные глыбы, моренные комплексы и отдельные валуны, поверхности ледниковой экзарации и др. (Dunai, 2010; Панин, 2014). При реконструкции хронологии ледниковых событий преимущество обычно отдают ^{10}Be . Применение метода датирования с использованием *in situ* ^{10}Be в кварце особенно удобно для молодых

ледниковых отложений, поскольку его скорость образования четко определена, и он может давать точные результаты при датировании поверхностей, история воздействия которых насчитывает несколько сотен лет (Gosse и Phillips, 2001; Ivy-Ochs et al., 2014). Однако распределение данных по регионам Евразии остаётся неравномерным: для одних территорий (Гималаи, Тибет) накоплено большое количество датировок, тогда как для других (Кавказ, Алтай) они всё ещё ограничены. Это существенно осложняет синхронизацию ледниковых событий и выявление их климатических причин.

В целом, климат голоцена (последние ~11,7 тыс. лет) в масштабе времени был изменчивым и колебался между тёплым и холодным, влажным и засушливым. При этом в Северном полушарии прослеживается долгосрочный тренд к похолоданию, уменьшению инсоляции, южному смещению межтропической зоны конвергенции и ослаблению летних муссонных систем (Wanner et al., 2011). При этом данные о синхронности вековых и внутривековых колебаний ледников в разных регионах Земли остаются противоречивыми (Wanner et al., 2011). Общая тенденция к увеличению размеров ледников от раннего к позднему голоцену во внетропических районах Северного полушария связывается с общей летней температурой, контролируемой орбитальной инсоляцией (Solomina et al., 2015).

В данной работе мы предоставляем хронологический обзор имеющихся данных по колебаниям ледников Евразии в том числе на Кавказе, Гималаях, Тибете, Тянь-Шане в голоцене на основе космогенного датирования морен.

Гималаи-Тибетский регион. Гималаи-Тибетский ороген является наиболее изученной областью Евразии. Многочисленные работы с применением космогенного датирования проведены по всей территории Тибетского плато и Гималаев (например, Zech et al., 2008; Scherler et al., 2010; GuoCheng et al., 2014; Liu et al., 2018; Hornsey et al., 2022 и др.). Здесь накоплено более тысячи ^{10}Be -датировок морен, что позволило выделить 11 ледниковых стадий в голоцене ($11,4 \pm 0,7 - 0,4 \pm 0,1$ тыс. лет) (Murari et al., 2014; Saha et al., 2018). Самое раннее голоценовое наступание ($11,4 \pm 0,7$ тыс. лет) фиксируется на южных и восточных окраинах Тибета и завершается сразу после позднего дриаса, что отражено в данных NGRIP $\delta^{18}\text{O}$. Последующие стадии произошли $10,1 \pm 0,5$ тыс. лет, $9,1 \pm 0,3$ тыс. лет, $8,1 \pm 0,8$ тыс. лет и $7,7 \pm 0,6$ тыс. лет и приурочены к южным и юго-западным окраинам орогена. Времени окончания голоценового климатического оптимума соответствует стадия $5,4 \pm 0,6$ тыс. лет. Более поздние стадии $3,5 \pm 0,4$ тыс. лет, $2,3 \pm 0,1$ тыс. лет, $1,5 \pm 0,2$ тыс. лет и $0,7 \pm 0,1$ тыс. лет происходили в период неогляциала. При этом события $1,5 \pm 0,2$ тыс. лет и $0,7 \pm 0,1$ тыс. лет завершаются вблизи римского влажного периода и средневекового тёплого периода, соответственно, что подчёркивает регионально-специфичный характер ледниковых колебаний. Последняя стадия $0,4 \pm 0,1$ тыс. лет соответствует времени малого ледникового периода.

Сравнение временных рядов показывает, что развитие ледников Гималаев и Тибета определялось взаимодействием двух ключевых климатических систем – южноазиатского муссона и западных ветров средних широт. Последние стадии ($1,5-0,4$ тыс. лет) хорошо коррелируют с климатическими событиями в Северном полушарии, что указывает на передачу климатических сигналов через атмосферную циркуляцию.

Тянь-Шань. Данные для гор Тянь-Шань показывают, что основные оледенения приходятся на поздний плейстоцен, однако в голоцене наиболее чётко фиксируются события малого ледникового периода. Наступание ледников малом ледниковом периоде было отмечено в нескольких районах Тянь-Шаня, таких как долина Ала-Арча в Киргизском передовом хребте (Западный Тянь-Шань) с двумя возрастами $0,32 \pm 0,08$ и $0,69 \pm 0,12$ тыс. л.н. (Korpes et al., 2008), долина Даси в Тянь-Шане (Центральный Тянь-Шань) с четырьмя возрастами от $0,36 \pm 0,04$ до $0,43 \pm 0,05$ тыс. л.н. (Li et al., 2014), и долина Турган в Карликском хребте (Восточный Тянь-Шань) со средним возрастом $0,79 \pm 0,59$ тыс. л.н. (Chen et al., 2015). Li et al. (2016) также ограничили два ледниковых наступания малого ледникового периода около $0,43 \pm 0,10$ и $0,27 \pm 0,06$ тыс. л.н. в Восточном Тянь-Шане на основе ^{31}Be возраста экспозиции. Таким образом, ледники Тянь-Шаня синхронны

известными глобальными позднеголоценовыми похолоданиями, хотя детальная хронология остаётся недостаточно проработанной.

Кавказ. Кавказские горы, несмотря на значительные площади современного оледенения, остаются одним из наименее изученных регионов. Здесь пока нет единой хронологии голоценовых колебаний, исследования основаны на разрозненных данных, полученных в разных долинах (геоморфологические описания, датировки по ^{14}C и единичные ^{10}Be датировки морен). Информация о размерах ледников Кавказа в раннем голоцене (11,7-8,2 тыс.л.н.) очень скудна. По некоторым предположениям, ледники в начале голоцена могли отступать до современной альпийской зоны (Solomina et al., 2024). К среднему голоцену (8,2-4,2 тыс.л.н.) относят 3 ледниковых стадии (бекьямская, юанакчирская и наратлинская) (Серебрянный и др., 1984), а три ^{10}Be даты в долине ледника Безенги в 5-8 км от современного фронта ледника (Solomina et al., 2023) из моренных валунах наратлинской стадии дают минимальные оценки в промежутке 7-6,5 тыс.л.н. Интересно, что эти даты совпадают с наступанием ледников в период теплого климата, что пока плохо объясняется палеоклиматическими реконструкциями и данными моделирования ледников. Морены позднего голоцена (4,2 тыс. л.н.- по настоящее время) хорошо сохранились в рельефе многих долин и указывают на несколько эпизодов наступания ледников Кавказа. Морены этого периода представляют компактную группу из несколько гряд расположенных в непосредственной близости от морен малого ледникового периода. Периоды наступания ледников определены с помощью радиоуглеродных дат и по палеопочвам найденным в разрезе береговой морены ледника Большой Азау (Баксанская долина) и соответствует 3,0-2,9 тыс.л.н (Соломина и др., 2021), что подтверждается данными по единственной дате по ^{10}Be 2,9 тыс.л.н. из морены в долине Теберда (Бушуева и др., 2015). Следующее наступание ледников произошло в период 1,7-1.6 тыс.л.н. (по трем ^{10}Be датам из конечной морены ледника Ирик, Эльбрус) и по своим масштабам превосходило размеры ледника в максимум малого ледникового периода. Еще предполагается несколько наступаний ледников, задокументированные по историческим источникам, а также по данным ^{10}Be и ^{14}C датирования, дендрохронологии, лихенометрии, которые происходили 1.2-1.1 тыс.л.н, 0.8-0.7 тыс.л.н., 0.7-0.6 тыс.л.н., 0.5 тыс.л.н., 0.25 тыс.л.н., 0.16 тыс.л., а также в 1870-90, 1910, 1920, 1960-70 гг. (Solomina et al., 2024). На южном макросклоне известна также морена, датированная по ^{10}Be временем 4,2 тыс. л.н. (Tielidze et al., 2020). Таким образом, даже небольшое количество уже полученных космогенных датировок морен качественно изменило представление о голоценовой истории оледенения Кавказа и показало перспективный путь для дальнейших исследований.

Выводы. Анализ данных космогенного датирования (^{10}Be) показал, что колебания ледников Евразии в голоцене носили сложный и регионально неоднородный характер, определяемый сочетанием глобальных и локальных климатических факторов. В Гималаи-Тибетском регионе выделяется серия стадий наступаний, хорошо коррелирующих как с глобальными событиями позднего дриаса, неогляциала и малого ледникового периода, так и с региональными изменениями муссонной активности и циркуляции западных ветров. В Тянь-Шане наиболее выраженными были наступания ледников в период малого ледникового периода, что подтверждается многочисленными ^{10}Be -датировками из разных долин. Кавказ, несмотря на значительные масштабы современного оледенения, остаётся одним из наименее изученных регионов, при этом имеющиеся немногочисленные космогенные датировки уже позволили существенно уточнить картину голоценовых колебаний и показать, что наступания ледников происходили как в периоды похолоданий, так и в относительно тёплые фазы, что указывает на сложные механизмы их динамики. Обзор исследований подчёркивают необходимость дальнейшего накопления данных, прежде всего для Кавказа, с целью построения более детальной и синхронизированной хронологии ледников Евразии в голоцене.

Работа выполнена в рамках гранта Министерства науки и высшего образования

Список литературы

1. Бушueva И.С., Соломина О.Н., Жомелли В. История ледника Алибек по данным дистанционного зондирования, биоиндикации, ^{14}C и ^{10}Be датирования // *Лёд и Снег*. 2015. Т. 55. №. 3. С. 97–106.
2. Панин А.В. Методы палеогеографических исследований: четвертичная геохронология. М.: Географический факультет МГУ, 2014. 116 с.
3. Chen Y., Li Y., Wang Y., Zhang M., Cui Z., Yi C., Liu G. Late Quaternary glacial history of the Karlik Range, easternmost Tian Shan, derived from ^{10}Be surface exposure and optically stimulated luminescence datings // *Quaternary Science Reviews*. 2015. Vol. 115. P. 17–27.
4. Dunai T.J. Cosmogenic nuclides: principles, concepts and applications in the earth surface sciences. Cambridge University Press, 2010.
5. Dong G., Yi C., Caffee M. ^{10}Be dating of boulders on moraines from the last glacial period in the Nyainqentanglha mountains, Tibet // *Science China Earth Sciences*. 2014. Vol. 57. T. 2. P. 221–231.
6. Hornsey J., Rowan A., Kirkbride M., Livingstone S., Fabel D., Rodes A., Jomelli V. Be-10 dating of ice-marginal moraines in the Khumbu Valley, Nepal, Central Himalaya, reveals the response of monsoon-influenced glaciers to Holocene climate change. // *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 2022. Vol. 127. T. 8. e2022JF006645.
7. Ivy-Ochs S., Briner J. Dating disappearing ice with cosmogenic nuclides // *Elements*. 2014. Vol. 10. T. 5. P. 351–356.
8. Fabel D., Harbor J. The use of in-situ produced cosmogenic radionuclides in glaciology and glacial geomorphology // *Annals of Glaciology*. 1999. Vol. 28. P. 103–110.
9. Koppes M., Gillespie A., Burke R., Thompson S., Stone J. Late quaternary glaciation in the Kyrgyz Tien Shan // *Quaternary Science Reviews*. 2008. T. 27. Iss. 7–8. C. 846–866.
10. Li Y., Li Y., Harbor J., Liu G., Yi C., Caffee M. Cosmogenic ^{10}Be constraints on Little Ice Age glacial advances in the eastern Tian Shan, China // *Quaternary Science Reviews*. 2016. Vol. 138. P. 105–118.
11. Liu B., Cui Z., Peng X., Han Y., Liu G. Using ^{10}Be exposure dating to constrain glacial advances during the late glacial and Holocene on Mount Xuebaoding, eastern Tibetan Plateau // *Quaternary Research*. 2018. Vol. 90. Iss. 2. P. 348–359.
12. Murari M., Owen L., Dortch J., Caffee M., Dietsch C., Fuchs M., Townsend-Small A. Timing and climatic drivers for glaciation across monsoon-influenced regions of the Himalayan–Tibetan orogen // *Quaternary Science Reviews*. 2014. Vol. 88. P. 159–182.
13. Saha S. Reconstructing high-frequency Holocene glacial chronostratigraphies in the Himalayan-Tibetan orogen: Doctoral dissertation, University of Cincinnati, 2018.
14. Solomina O., Jomelli V., Bushueva I. First 10 Be dates of Late Holocene moraines of the Kashkatash and Irik glaciers, Northern Caucasus // *Ice and Snow*. 2023. Vol. 63. Iss. 3. P. 410–425.
15. Solomina O., Jomelli V., Bushueva I. Holocene glacier variations in the Northern Caucasus, Russia // *In European Glacial Landscapes*. Elsevier. 2024. P. 353–365.
16. Solomina O., Jomelli V., Bushueva I. Holocene glacier variations in the Northern Caucasus, Russia / *European Glacial Landscapes* // Elsevier, 2024. P. 353–365. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99712-6.00005-2>
17. Scherler D., Bookhagen B., Strecker M., von Blanckenburg F., Rood D. Timing and extent of late Quaternary glaciation in the western Himalaya constrained by ^{10}Be moraine dating in Garhwal, India // *Quaternary Science Reviews*. 2010. Vol. 29. Iss. 78. P. 815–831.
18. Tielidze L., Solomina O., Jomelli V., Dolgova E., Bushueva I., Mikhalevko V., Braucher R., Team A. Change of Chalaati Glacier (Georgian Caucasus) since the Little Ice Age based on

dendrochronological and Beryllium-10 data // *Ice Snow*. 2020. Vol. 60. Iss. 3. P. 453–470.
<https://doi.org/10.31857/S2076673420030052>

19. *Zech R., Zech M., Kubik P., Kharki K., Zech W.* Deglaciation and landscape history around Annapurna, Nepal, based on ^{10}Be surface exposure dating // *Quaternary Science Reviews*. 2009. Vol. 28. Iss. 11–12. P. 1106–1118.

20. *Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S., Jetel M.* Structure and origin of Holocene cold events // *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. Iss. 21–22. P. 3109–3123.

ПОЧВЕННО-МЕРЗЛОТНЫЙ КОМПЛЕКС - ОТРАЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОЛОЦЕНЕ

Почвенный профиль, вместе с верхними слоями многолетнемерзлых пород, формируют естественно-историческое природное тело «почвенно-мерзлотного комплекса», которое представляет собой отражение совместного взаимообусловленного развития почв и мерзлых пород в период позднего плейстоцена-голоцена. Многолетняя динамика глубины сезонного оттаивания определяет возможность вовлечения материала верхних слоев мерзлых пород в сферу активного современного педогенеза или, наоборот, их исключения, в случае нахождения в мерзлом состоянии. Таким образом, одна из наиболее актуальных палеоэкологических проблем состоит в изучении влияния динамики природной среды в позднем плейстоцене-голоцене на взаимосвязь процессов, формирующих почвенные профили и верхние слои мерзлых пород.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, криозем, переходный слой, промежуточный слой, слой сезонного оттаивания

A.V. Lupachev, A.P. Ginzburg

Institute of physico-chemical and biological problems in soil science RAS, Pushchino, Russia

a.lupachev@gmail.com

SOIL-PERMAFROST COMPLEX AS THE REFLECTION OF BIOCLIMATICAL DYNAMICS IN HOLOCENE

Together the soil profile and the upper layers of permafrost form the natural body of the “soil–cryogenic complex,” which is the result of simultaneous Late Pleistocene–Holocene soil and permafrost coevolution. The multiannual dynamics of summer thawing depth determine the involvement of the material of these shielding horizons into the zone of active modern pedogenesis or its exclusion from it in case of their frozen state. Thus, one of the most actual paleoecological problems is the studying of the dynamics of the environmental conditions of Late Pleistocene–Holocene period that affect interaction of pedogenic processes with the processes that form the structure of the uppermost layers of the near-surface permafrost.

Keywords: permafrost, Cryosol, transient layer, intermediate layer, active layer

Почвенно-мерзлотный комплекс (ПМК) формируется в криолитозоне, в условиях относительно близкого залегания многолетнемерзлых пород (ММП) и обладает определенным уровнем организации, возрастом, историей развития, свойствами, мощностью которого варьирует в пределах 1-3 метра. Составными частями его являются профиль современной криогенной почвы и верхние слои ММП – переходный и промежуточный слой. Переходный слой способен переходить в талое состояние в годы максимальной теплообеспеченности, а также при временных изменениях теплофизических свойств почвенно-растительного покрова (техногенные нагрузки при освоении территории; прохождение пожаров; экстремальные нагрузки при ведении традиционной хозяйственной деятельности и пр.). Нижележащий, промежуточный слой ММП, отражает в своем строении более масштабные и продолжительные изменения биоклиматической обстановки за голоценовый период и, в отдельных случаях, радикальные техногенные нагрузки на ландшафты.

Строение и свойства ПМК являются важнейшим (палео-)экологическим индикатором криогенных геосистем, реагирующим на колебания климата и антропогенные воздействия, а также выполняющий защитную теплоизолирующую функцию, регулирующую вытаивание

верхних (чаще всего, наиболее льдистых) слоев ММП. Кроме того, ПМК является зоной аккумуляции, консервации и ремобилизации разнообразных веществ и соединений (в т.ч. биогенов и поллютантов).

Реакция ПМК на изменения в действии факторов природной среды и антропогенное воздействие реализуется в изменении мощности сезонно-талого слоя, характере и направленности протекающего в нем почвообразования, активности и масштабов проявления процессов криогенного массообмена, строения растительного покрова, криолитологического строения верхних слоев ММП (льдистость, формы текстурного льда, рельеф мерзлотного водоупора и т.д.). В ряде случаев (при проведении строительных работ, сооружении насыпей, теплоизоляции дневной поверхности и т.п.) отмечается резкое уменьшение мощности деятельного слоя и горизонты надмерзлотной аккумуляции веществ и соединений переходят в многолетнемерзлое состояние. В дальнейшем, при изменении климатических условий, гидрологического режима, особенностей использования территории, данные аккумулятивные горизонты вновь могут включаться в состав деятельного слоя и накопленные в них поллютанты снова вовлекаться в биогеохимический круговорот. Перечисленные изменения, в конечном счете, ведут к коренной и активной перестройке ландшафтной обстановки на территории криолитозоны, существенно меняя, а иногда и исключая, ведение промышленной и традиционной хозяйственной деятельности.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, проект № 25-17-00010.

РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЗАЛИВА НЕРПИЧИЙ В ГОЛОЦЕНЕ

В статье приведены новые данные по биостратиграфии и радиоуглеродному датированию торфяника на побережье юго-западного Приохотья, применен новый перспективный метод оценки фотосинтетических пигментов. Анализ полученных материалов позволил реконструировать основные палеогеографические события голоцена и проследить эволюцию зональных ландшафтов.

Ключевые слова: торфяные отложения, биостратиграфия, фотосинтетические пигменты, зольность торфа, индекс влажности

M.S. Lyashchevskaya¹, V.B. Bazarova¹, M.A. Klimin², E.N. Zakharchenko², T.R. Makarova¹

¹Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

²Institute of Water and Environmental Problems, FEB RAS, Khabarovsk, Russia

lyshevskay@mail.ru

LANDSCAPES DEVELOPMENT ON THE COAST OF NERPICHIY BAY IN THE HOLOCENE

The article presents new data on biostratigraphy and radiocarbon dating of peatland on the coast of the southwest of Priokhotye. A new promising method for assessing photosynthetic pigments is used. Analysis of the obtained materials allowed us to reconstruct the main paleogeographic events of the Holocene and to trace the evolution of zonal landscapes.

Keywords: peat deposits, biostratigraphy, photosynthetic pigments, peat ash content, moisture index

Торфяные отложения юго-западной части Охотского моря являются ценными палеоклиматическими архивами, содержащими сведения о региональных климатических колебаниях, изменениях гидрологического режима территории, а также истории развития растительности в голоцене. Впервые для побережья юго-западного Приохотья получены высоразрешающие данные для голоцена. Отложения детально изучены комплексом методов: спорово-пыльцевой, диатомовый, радиоуглеродный, определение ботанического состава и степени разложения торфа, расчет индекса влажности. Большой вклад в реконструкцию природной среды привнес новый перспективный метод определения сохранившихся фотосинтетических пигментов в торфе. Границы этапов развития торфяника определены с помощью Байесовского моделирования [8], что позволило провести широкие региональные корреляции и сопоставить с глобальными событиями.

Залив Нерпичий (Мухтель) находится в самой северной части небольшого и узкого залива Николая, расположенного на северо-западе Охотского моря, к югу от Шантарских островов. Характерный элемент ландшафта побережья зал. Николая – полого-наклонные аккумулятивно-денудационные равнины. Вдоль берегов залива Нерпичий распространена многолетняя мерзлота с буграми пучения и термокарстовыми озерами, а мощные торфяники образуют здесь обширные мари. Климат района умеренно континентальный, холодный, влажный, с частыми сильными ветрами и неустойчивой погодой. Среднегодовая температура -3.3°C , многолетнее среднегодовое количество осадков 590 мм. Зима многоснежная, средняя температура января составляет $-19...-23^{\circ}\text{C}$. Лето прохладное, средняя температура июля $+11-13^{\circ}\text{C}$ [5]. Низкие температуры зимой обуславливают большую глубину промерзания грунтов и их медленное оттаивание в начале лета. Это

способствует слабой фильтрации почв и заболачиванию наиболее пониженных участков территории. На распространение ландшафтов существенное влияние оказывает наличие многолетней мерзлоты и охлаждающее влияние Охотского моря в летний период.

Современная растительность на склонах гор представлена еловыми лесами из *Picea ajanensis*. На плакорных участках произрастают преимущественно редкостойные лиственничники из *Larix cajanderi* с мохово-лишайниковым покровом и заросли кедрового стланика *Pinus pumila*. Кустарничково-травяной ярус представлен низкорослыми кустарничками *Empetrum* sp., *Ledum palustre*, *Salix fuscescens* и др., травянистыми *Rubus chamaemorus*, *Chamaepericlymenum* sp., *Eriophorum* sp. и др. Моховой ярус, в основном, сложен олиготрофными видами сфагновых мхов. На равнинных участках преобладают сфагновые болота.

В качестве объекта исследований был выбран торфяник верхового типа, вскрытый в береговом уступе размыва в северо-восточной части залива Нерпичий (54°02'46" с.ш., 138°45'45" в.д., высота 9 м над уровнем моря). Общая мощность изученных отложений составила 594 см, из которых нижние 34 см представлены алевроитами, а верхние 560 см - торфом. Изучение осадков с шагом 2-4-6 см проводилось с помощью методов спорово-пыльцевого и диатомового анализов, определялись ботанический состав, степень разложения, индекс влажности, зольность торфа и состав сохранившихся фотосинтетических пигментов, получены девять радиоуглеродных дат в лаборатории ИМКЭС СО РАН, на основе которых для торфяных отложений была построена возрастная модель по программе *Васон 2* с программной оболочкой *R* [8]. Возраст нижней части разреза (инт. 560–594 см), представленной иловатыми суглинками, приводится по выделенным спорово-пыльцевым комплексам, которые сопоставляются с установленными ранее для разрезов позднеледникового – начала голоцена юго-западного Приохотья [4; 6-7].

На основании проведенного ботанического анализа было выделено 22 смены растительных сообществ. Увеличение количества и разнообразия пигментов в отложениях соответствует потеплениям, а уменьшение – похолоданиям [2-3]. Содержание сохранившихся фотосинтетических пигментов в суглинках низкое (до 80 мкг/г), а зольность высокая (<92–93%). В торфяных отложениях зольность заметно снижается (до 2%), а содержание пигментов существенно возрастает. Диатомовые водоросли в достаточном для выделения комплексов количестве встречены только в инт. 0–42 см. Отложения характеризуются бедным видовым составом, определено 39 таксонов пресноводных диатомей и 2 солоноватоводных вида, присутствие которых связано с импัลверизационным привносом в результате штормовой деятельности. Изменения в составе диатомовой флоры позволили выделить в разрезе 5 комплексов. Распределение спор и пыльцы по разрезу позволило выделить 16 локальных пыльцевых зон.

В конце позднего плейстоцена значительная часть шельфа представляла собой пологонаклонную равнину. Заболачиванию способствовала выположенная слабодренированная поверхность, сложенная глинистыми морскими отложениями, которую покрывали травяно-кустарниковая тундра и кустарничково-моховые болота, а также редкостойные березово-лиственничные леса. Около 11.5 тыс. кал. л.н. увеличилась площадь лесной растительности. Основной лесобразующей породой этого периода становится береза, в это же время появляются единичные представители широколиственных (дуб монгольский, ильм, лещина). Торфообразование началось при увеличении температур около 10.2 тыс. кал. л.н. с низинной стадии и поселения зеленых мхов под лиственничными марями. Похолодание около 9.2 тыс. кал. л.н., сопровождавшееся снижением атмосферных осадков, способствовало смене низинной стадии развития торфяника на переходную с кустарничково-сфагновыми ценозами, площади, занятые леса, сокращались. Около 8.9 тыс. кал. л.н. происходит резкое потепление с максимальным распространением березово-ольховых лесов с примесью широколиственных. В результате уменьшения континентальности климата начинается расширение темнохвойной тайги с господством ели аянской. Около 8.3 тыс. кал. л.н. произошло кратковременное и сильное похолодание,

которое было значительнее и продолжительнее, чем в конце раннего голоцена (9.2–8.9 тыс. кал. л.н.). В это время испарение уменьшается, заболоченность территории увеличивается, сокращаются площади березовых лесов, болото вступает в олиготрофную стадию.

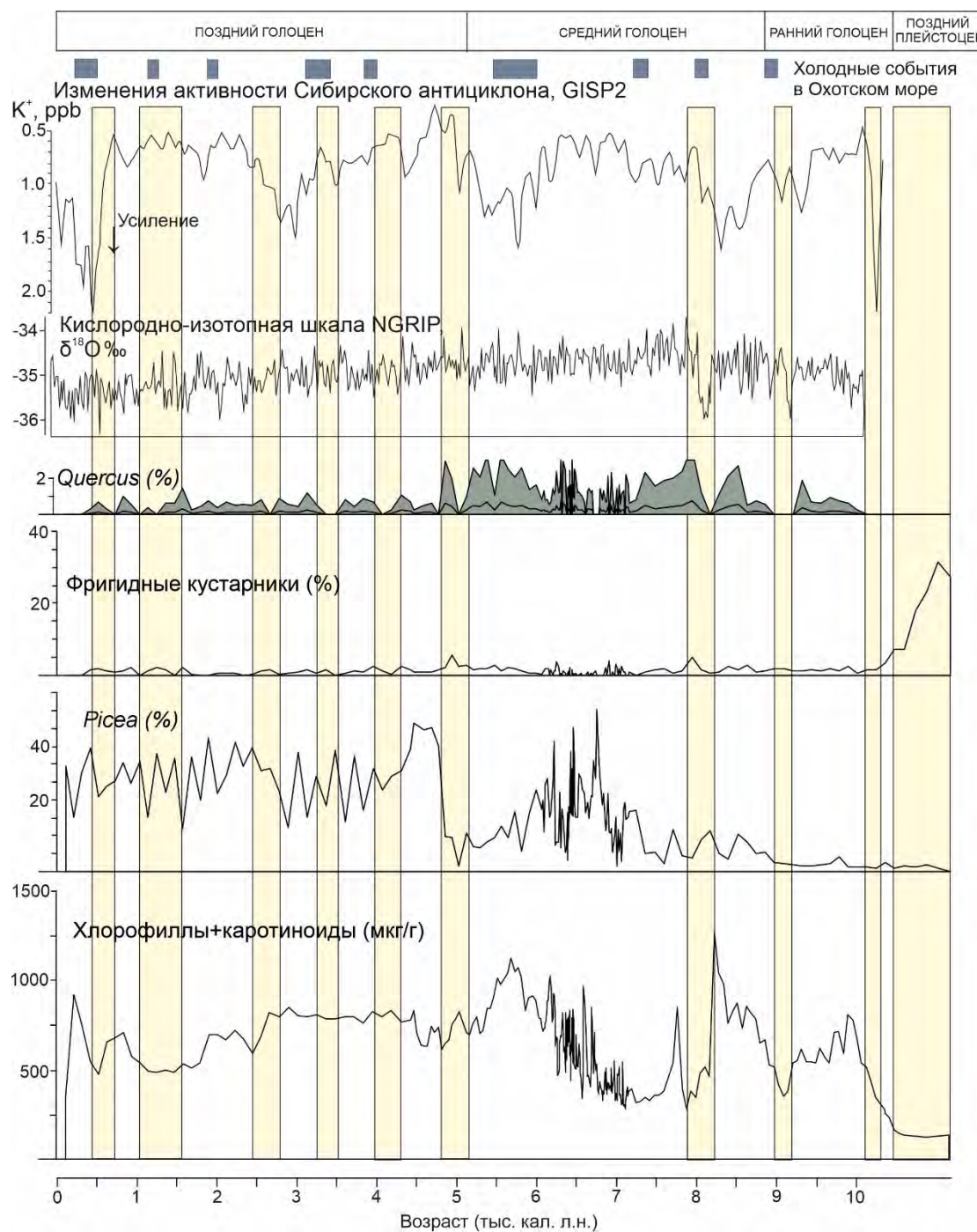


Рис. 1. Сопоставление выборочных прокси-записей из отложений разреза 1-23, залив Нерпичий с изменениями интенсивности Сибирского антициклона [9], гренландской кислородно-изотопной шкалой [10] и холодными событиями в Охотском море [1]. Вертикальные желтые полосы показывают выявленные периоды похолоданий в отложениях разреза 1-23

В период 8.1–6.5 тыс. кал. л.н. накапливался верховой кустарничково-сфагновый и сфагновый торф с низкой степенью разложения (10–20%), в котором доля участия сфагнума бурого (*Sphagnum fuscum*) достигает 86%. В это же время отмечены самые высокие скорости торфонакопления. После 7.3 тыс. кал. л.н. темнохвойные леса постепенно вытесняют мелколиственно-лиственничные, более распространенным становится кедровый стланик.

Около 6.2 тыс. кал. л.н. усиливается морское влияние, что могло быть связано с максимумом голоценовой трансгрессии. Среднегодовая температура в оптимум голоцена на побережье залива Нерпичий была приблизительно на 1.8–2.3° С выше современной, многолетнее среднегодовое количество осадков примерно на 40 мм выше, чем в настоящее время.

Протаивание многолетнемерзлых грунтов способствовало повышению уровня грунтовых вод и дальнейшему расширению площади болот. Во время похолодания 5.2–4.8 тыс. кал. л.н. происходит выпадение широколиственных из состава лесных сообществ на прилегающих склонах, доминирующее положение занимает темнохвойная тайга. В течение средневековой климатической аномалии расширились заросли кедрового стланика в результате усиления южных зимних циклонов с интенсивными осадками. В малый ледниковый период количество летних осадков уменьшилось, а зимних – возросло, широко распространились лиственничники с зарослями кедрового стланика. Из состава лесных сообществ исчезли широколиственные. Улучшение климатических условий произошло в XVIII в. В настоящее время поверхность торфяника разрушается, верхние слои характеризуются пониженной влажностью вследствие улучшения аэрации и повышенной степенью разложения (до 40 %).

Стратиграфическое изучение торфяных отложений на побережье залива Нерпичий позволило восстановить развитие ландшафтов юго-западного Приохотья и эволюцию торфяника с конца позднего плейстоцена и до современности. Наиболее выраженные периоды похолоданий в голоцене имели место 10.6–10.2, 9.2–8.9, 8.3–8.0, 5.2–4.8, 4.3–4.0, 3.5–3.3, 2.8–2.5, 1.5–1.0 и 0.6–0.4 тыс. кал. л.н. (рис.). Выявленные в юго-западном Приохотье похолодания согласуются с последовательностью холодных событий голоцена как в регионе, так и в Северном полушарии.

Исследование выполнено в рамках государственных заданий ТИГ ДВО РАН № 125021302113-3 и ИВЭП ДВО РАН № 121021500060-4.

Список литературы

1. Горбаренко С.А., Гвоздева И.Г., Вагина Н.К. Холодные события голоцена Охотского моря и прилегающей суши // Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные, природно-ресурсные и социально-экономические структуры: сборник научных статей. Владивосток, 2023. С. 341–346. https://doi.org/10.35735/9785604844175_341
2. Климин М.А., Сиротский С.Е. Распределение фотосинтетических пигментов в профиле торфяных отложений как отражение колебаний климата в голоцене // Биогеохимические и геоэкологические процессы в экосистемах. Вып. 15. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 237–248.
3. Климин М.А. и др. Пигментные характеристики торфяных отложений различного генезиса Нижнего Приамурья // Биогеохимия и гидроэкология наземных и водных экосистем. Вып. 20. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2013. С. 157–166.
4. Кулаков А.П. и др. О следах четвертичных морских трансгрессий в Северо-Западном Приохотье // Вопросы геоморфологии и четвертичной геологии юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 118–130.
5. Петров Е.С. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Хабаровск: Дальнаука, 2000. 173 с.
6. Пушкарь В.С. и др. Новые данные по стратиграфии голоцена Северо-западного Приохотья // Развитие природной среды в плейстоцене. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 72–81.
7. Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Чаков В.В., Климин М.А., Мохова Л.М., Захарченко Е.Н. Стратиграфия водораздельного торфяника и развитие природной среды острова Большой Шантар в позднеледниковье-голоцене // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40. № 3. С. 85–102.

9. *Blaauw M., Christen J.* Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // *Bayesian Analysis*. 2011. Vol. 6. Iss. 3. P. 457–474.
10. *Mayewski P., Rohling E., Curt Stager J., Karle'nd W., Maascha K., Meekere L., Meyersona E., Gassef F., van Kreveldg S., Holmgrend K., Lee-Thorph J., Rosqvistd G., Racki F., Staubwasserj M., Schneiderk R., Steig E.* Holocene climate variability // *Quaternary Research*. 2004. Vol. 62. Iss. 3. P. 243–255.
11. *Rasmussen O., Bigler M., Blockley S., Blunier T., Buchardt S., Clausen H., Cvijanovic I., Dahl-Jensen D., Johnsen S., Fischer H., Gkinis V., Guillevic M., Hoek W., Lowe J., Pedro J., Popp T., Seierstad I., Steffensen J., Svensson A., Vallelonga P., Vinther B., Walker M., Wheatley J., Winstrup M.* A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy // *Quaternary Science Reviews*. 2014. Vol. 106. P. 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.007>

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В РАЗНЫХ ТИПАХ ТОРФА БОЛОТ МОРДОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Изучение содержания углерода в различных типах торфа Мордовского заповедника выявило значительные различия между низинными и переходными болотами, связанные с ботаническим составом и воздействием пожаров. Содержание углерода варьировало в пределах 44.5–61.9%, причем осоковые торфа характеризовались более высоким уровнем по сравнению со сфагновыми и пушицевыми торфами. При наличии угольных частиц концентрация углерода снижалась, что указывает на влияние пожаров на состав торфа. Выявленные региональные особенности и динамика накопления углерода подчеркивают необходимость создания репрезентативных баз данных для корректной оценки запасов углерода в торфяниках и прогнозирования их роли в глобальном балансе углерода.

Ключевые слова: Мордовский государственный природный заповедник, содержание углерода, вид торфа

N.G. Mazei¹, E.A. Makarova^{1,2}, E.Yu. Novenko²

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

²*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

natashamazei@mail.ru

CARBON CONTENT IN DIFFERENT TYPES OF OF THE MORDOVIAN STATE NATURE RESERVE

The study of carbon content in various peat types within the Mordovia Nature Reserve revealed significant differences between fens and transitional mires, driven by plant macrofossils composition and the impact of fires. Carbon content ranged from 44.5% to 61.9%, with sedge peats generally exhibiting higher levels compared to *Sphagnum* and cotton-grass peats. The presence of charcoal particles led to lower carbon concentrations, indicating the effect of fires on peat composition. The observed regional features and the dynamics of carbon accumulation highlight the need to develop representative databases for accurate carbon stock assessment in peatlands and for forecasting their role in the global carbon balance.

Keywords: Mordovia Nature Reserve, carbon content in peat, peat type

Изучение содержания углерода в торфах различных типов необходимо для оценок роли торфяников в глобальном балансе углерода [9]. Содержание углерода в торфе существенно варьирует между сфагновыми, травяными и древесными типами, что связано с условиями формирования, микробиологическими процессами и гидрологическим режимом [10]. Несмотря на значительный объем накопленных данных, до сих пор остаются открытыми вопросы, касающиеся влияния ботанического состава и зональных особенностей на вариации содержания органического углерода в торфе, оценки динамики запасов углерода при изменении климата и трансформации торфяников в результате деятельности человека, в том числе пожаров [7; 8]. Решение этих проблем требует создания репрезентативных баз данных по содержанию углерода в торфяных залежах различных регионов и типов болотных экосистем [9].

Исследования проведены на территории Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича, расположенного в Темниковском районе Республики Мордовия (54.8046686, 43.3154956) в массиве сосновых лесов Окско-Мокшинского полесья [5]. Площадь болот на территории заповедника по разным оценкам составляет от 2790.1 до

3190.0 га, или 8.7–9.9% от общей территории заповедника. Наиболее многочисленны и разнообразны низинные болота (древесные, древесно-травяные, травяные, древесно-травяно-моховые), по эоловым и суффозионным формам рельефа встречаются переходные (древесно-травяно-моховые, кустарничково-травяно-моховые, травяно-моховые и травяные) и верховые (древесно-кустарничково-травяно-сфагновые) болота [1; 2]. В сухие годы болота Мордовии зачастую полностью пересыхают и подвергаются пожарам. Наибольшие площади выгорания торфяников были отмечены в 1972, 2010, 2019 и 2021 гг. [4].

В ходе полевых (2017, 2022, 2023 гг.) и аналитических работ изучено 12 болот разного типа, отличающихся ландшафтной позицией, глубиной торфяной залежи и степенью воздействия пожаров. Бурение торфяных залежей болот производилось буром Сукачёва (Eijkelkamp). Размер залежей варьировался от 0.6 до 3.0 м, возраст от 1.3 до 9.0 тыс. календарных лет назад. Отбор образцов на ботанический состав торфа, потери при прокаливании, определение концентрации макроскопического угля в торфе проведен с шагом 1 см. Ботанический анализ торфа выполнен по стандартным методике [3]. Далее из разных видов торфа выбраны образцы для определения углерода и азота. Анализ содержания углерода проведен в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН на анализаторе Vario Isotope Cube с модулем IRMS IsoPrime100 методом сухого сжигания. Всего проанализировано более 400 образцов.

Анализ содержания углерода в торфяных залежах изучаемых болот показал, что в низинных торфах содержание Сорг составляет 46.9–61.9% (среднее значение 54.6%). В древесных торфах содержание углерода составляет в среднем 52.7%, диапазон значений от 49,1 до 60,5%. Осоковый вид торфа представлен в большинстве изучаемых болот, содержание углерода в нем составляет 60.5–61.4%. Однако, его значение уменьшается до 57.3% в тех образцах, где встречались угольные частицы. В травяно-осоковых видах торфов содержание углерода варьируется от 57.2 до 61.8% (в среднем 58,8%), в образцах с угольными частицами отмечено падение до 53.1%.

В переходных торфах содержание углерода составляет 44.5–59.6% (среднее значение 53.3%). В древесных торфах содержание Сорг составляет от 46,9 до 59,6%, в среднем 58.5%, в пушицевых – 51.1–55.5%, в среднем 52,8%. Важно отметить, что в образцах с угольными частицами – 48.7%. в сфагновых – 44.6–47.8% (в среднем 45,9%), в осоковых – 45.6–59.1% (в среднем 55,1%).

Полученные величины содержания углерода в разных типах торфа Мордовского заповедника весьма существенно отличается от стандартных значений, используемых при оценках запасов углерода [6]. Это может быть связано с региональной спецификой, проявлявшейся как в специфике формирования болот, так и в особенностях современного природопользования в регионе.

Динамика содержания углерода в торфе изученных болот в течение голоцена выявила корреляции со стадией развития болота, климатической ситуацией, частотой пожаров. Дальнейший анализ накопленных результатов позволит выявить количественные параметры модели зависимости содержания углерода от типа торфа, времени его формирования, возраста болота, температуры и влажности атмосферы, локальной влажности болота, активности пожаров. Эта информация позволит повысить точность оценок и прогнозов запасов углерода в торфяниках как важном элементе глобального цикла углерода.

Исследование выполнено при поддержке проекта РНФ № 24-27-00096.

Список литературы

1. Гришуткин О.Г., Варгот Е.В., Силаева Т.Б., Хапугин А.А., Чугунов Г.Г. Растительный покров болот Мордовии // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2013. Т. 8. № 136. С. 28–934.

2. Гришуткин О.Г. Площадь и территориальное распределение болот в Мордовском государственном природном заповеднике // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2011. № 9. С. 280–9281.
3. Куликова Г.Г. Краткое пособие по ботаническому анализу торфа. Издательство московского университета, 1974. 65 с.
4. Макаркин В.Н., Ручин А.Б. Постпирогенные изменения комплекса сетчатокрылых (Neuroptera) в лесах Мордовского заповедника // Сибирский экологический журнал. 2024. Т. 31. № 6. С. 923–931. <https://doi.org/10.15372/SEJ20240608>
5. Николаев В.А. Парагенезис полесий–ополей Центральной России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2013. № 5. С. 45–50
6. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М.; Недра, 1976. 488 с.
7. Hammerich J., Schulz C., Probst R., Lüdicke T., Luthardt V. Carbon content and other soil properties of near-surface peats before and after peatland restoration // PeerJ. 2024. Vol. 12. e17113. <https://doi.org/10.7717/peerj.17113>
8. Spahni R., Joos F., Stocker B., Steinacher M., Yu Z. Transient simulations of the carbon and nitrogen dynamics in northern peatlands: From the Last Glacial Maximum to the 21st century // Climate of the Past. 2013. Vol. 9. № 3. P. 1287–1308. <https://doi.org/10.5194/cp-9-1287-2013>
9. Watmough S., Gilbert-Parkes S., Basiliko N., Lamit L., Lilleskov E., Andersen R., Zahn G. Variation in carbon and nitrogen concentrations among peatland categories at the global scale // PLoS One. 2022. Vol. 17. № 11. e0275149. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275149>
10. Wu D., Lu Y., Liang H., Ma L., Huang T., Li R. Differences in humic acid structure extracted from different types of peat // International Journal of Coal Preparation and Utilization. 2024. Vol. 45. № 7. P. 1516–1531. <https://doi.org/10.1080/19392699.2024.2393887>

Е.А. Макарова¹, Н.Г. Мазей², Е.Ю. Новенко¹

¹*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

katmak2001@gmail.com

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ПЛАТО ПУТОРАНА В ГОЛОЦЕНЕ

В представленной работе приведены результаты различных анализов, выполненных для торфяной залежи болота Микчангда-1, расположенного в северо-западной части плато Путорана. Формирование данного болота началось около 10,5 тыс. кал. (календарных) л. н. Полученные данные позволили выделить 7 этапов эволюции растительного покрова района исследований, в том числе непосредственно изучаемого болота. Подобные изменения были обусловлены климатическими изменениями на севере Средней Сибири.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, анализ ботанического состава торфа, эволюция, палеоэкологические реконструкции

E.A. Makarova¹, N.G. Mazei², E.Yu. Novenko¹

¹*Institute of Geography, Russian academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

katmak2001@gmail.com

LANDSCAPE AND CLIMATE CHANGES ON THE NORTHWESTERN PUTORANA PLATEAU IN THE HOLOCENE

The presented study provides the results of multiproxy analyses performed on the peat deposit of the Mikchangda-1, located in the northwestern part of the Putorana Plateau. Its formation began approximately 10.5 thousand cal. (calibrated) years BP. The obtained data allowed us to identify 7 stages of vegetation cover evolution in the study area, including the peatland itself. These changes were driven by climatic changes in the north of Central Siberia.

Keywords: pollen analysis, plant macrofossil analysis, evolution, palaeoecological reconstructions

Палеоэкологические исследования, направленные на реконструкцию изменений растительности и климата в прошлом, имеют ключевое значение для прогнозирования их изменений в будущем. Это особенно актуально для уязвимых арктических и субарктических экосистем. Данное исследование посвящено плато Путорана – одному из наименее изученных регионов севера Средней Сибири.

В качестве объекта исследования было выбрано плоскобугристое болото Микчангда-1, расположенное на побережье озера Лама (Красноярский край). Район исследований характеризуется субарктическим климатом и сплошным распространением многолетней мерзлоты. В настоящее время на изучаемой территории преобладают елово-березовые и елово-березово-лиственничные леса, которые с высотой сменяются подгольцовым и гольцовым поясами. В ходе полевых работ с помощью ручного бура Eijelcamp была отобрана торфяная залежь болота. Скважина была заложена в талой мочажине, где мощность торфа составила 250 см. Оценка возраста образцов выполнена при помощи радиоуглеродного датирования: 10 образцов продатировано жидкостно-сцинтилляционным методом в Институте наук о Земле СПбГУ, а один образец – с помощью AMS метода в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центр прикладных изотопных исследований Университета Джорджии

(США). Для торфяной залежи были выполнены спорово-пыльцевой анализ и анализ ботанического состава торфа, а также изучены физические свойства торфа (определение степени гумификации торфа и потерь при прокаливании). Интервал отбора образцов составил 3-6 см.

Согласно результатам радиоуглеродного датирования, болото Микчангда-1 сформировалось около 10,5 тыс. кал. л. н. Спорово-пыльцевой анализ позволил выделить 7 основных этапов изменения растительных сообществ на северо-западе плато Путорана в голоцене. Анализ ботанического состава торфа в сочетании с данными о современной экологии выявленных видов дает возможность восстановить структуру растительных сообществ, существовавших на болоте в прошлом, а также условия их произрастания, обусловленные региональными изменениями климата. Определение степени гумификации торфа и потерь при прокаливании дополняют полученные результаты: увеличение гумификации указывает на иссушение поверхности болота, а ее уменьшение, наоборот, на обводнение. Снижение потерь при прокаливании свидетельствует об увеличении минерального компонента в торфе, что связано с внешним привносом вещества. Обобщение результатов выполненных анализов и их сопоставление приведены на рисунке 1.

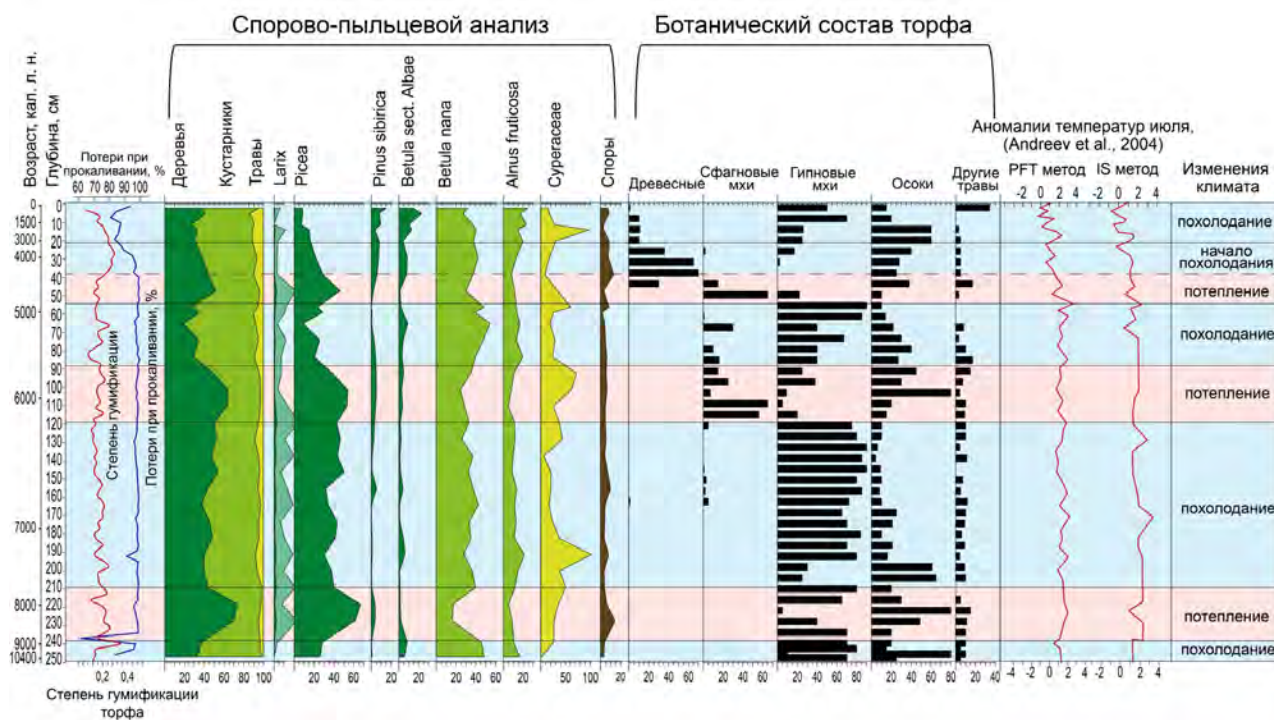


Рис. 1. Сопоставление результатов спорово-пыльцевого анализа и анализа ботанического состава торфа с климатическими реконструкциями (по [1]) и основными этапами изменения климата на северо-западе плато Путорана в голоцене

Развитие болота Микчангда-1 началось в раннем голоцене (10,5–9,0 тыс. кал. л. н.) как низинного эвтрофного болота с преобладанием гипновых мхов (преимущественно *Calliergon*) и осок (*Carex lasiocarpa*, *C. caespitosa*, *C. diandra*, *C. acuta* и др.), что указывает на богатое минеральное питание. Подобная растительность типична для начальных этапов болотообразования. Окружающие ландшафты в этот период были представлены в основном кустарниковыми сообществами (*Betula nana* и *Alnus fruticosa*), в то время как лесная растительность была менее распространена. Предположительно, в лесах преобладала лиственница с примесью ели, а в наземном покрове были распространены травы и кустарнички.

На следующем этапе (9,0–7,9 тыс. кал. л. н.) растительность болота не претерпевала существенных изменений, однако в этот временной интервал произошло потепление, способствовавшее распространению вокруг болота елово-лиственничных лесов.

Далее (7,9–6,3 тыс. кал. л. н.) в растительном покрове болота произошли изменения доминирующих виды гипновых мхов (в основном представители рода *Drepanocladus*), но оно по-прежнему оставалось эвтрофным осоково-гипновым. Кроме того, увеличилась доля *Menyanthes trifoliata*. В окружающих ландшафтах происходили периодические колебания в соотношении площади лесов и открытых кустарниковых пространств, при этом общая доля лесной растительности сократилась. Это могло быть связано с участвовавшими пожарами или более локальным похолоданием при сохранении теплого климата.

В период 6,3–5,7 тыс. кал. л. н. произошли существенные изменения в растительности болота: появились сфагновые мхи (*Sphagnum warnstorffii*, *Sph. subnitens* *Sph. teres* и *Sph. obtusum*), предпочитающие мезотрофно-олиготрофные условия, что свидетельствует о смене трофического статуса болота и начале дифференциации микрорельефа, связанного с зарождением бугров пучения. Данные палинологического анализа указывают на потепление и широкое распространение елово-лиственничных лесов.

Далее (5,7–4,9 тыс. кал. л. н.) доля сфагновых мхов сократилась, однако олиготрофизация болота продолжилась, на что указывает преобладание во второй половине этапа *Calliergon stramineum* – вида с широкой экологической амплитудой, но предпочитающего более олиготрофные местообитания. В этот период на северо-западе плато Путорана началось похолодание, которое привело к сокращению доли ели и расширению площадей разреженных лиственничных лесов и кустарниковых сообществ.

На следующем этапе (4,9–2,5 тыс. кал. л. н.) болото Микчангда-1 сначала (4,7–3,4 тыс. кал. л. н.) стало залесенным и вернулось к эвтрофному состоянию, о чем свидетельствует преобладание остатков древесных и кустарниковых и увеличение доли осок. Позже в растительном покрове появились обводненные гипновые и травяные сообщества. Данный этап начался с кратковременного потепления (4,9–4,5 тыс. кал. л. н.), но затем происходило устойчивое похолодание, которое привело к распространению лиственничных лесов и редколесий, увеличению доли кустарников, что стало частью общерегионального тренда. Верхняя часть торфяной залежи плохо сохранилась, что препятствует детальным реконструкциям, однако можно сделать вывод, что начиная с 2,5 тыс. кал. л. н. растительность и климатические условия стали близки к современным.

Проведенное исследование позволило детально реконструировать историю развития болота Микчангда-1 и окружающих его ландшафтов на северо-западе плато Путорана. Анализ торфяной залежи болота выявил последовательную смену стадий его развития: от низинного осоково-гипнового болота к этапу образования сфагновых гряд, далее к залесенному болоту и, наконец, к современному пушицево-осоково-гипновому сообществу. Ключевой движущей силой этих трансформаций стали процессы промерзания (поднятия) и протаивания (опускания и обводнения) поверхности болота. Данные спорово-пыльцевого анализа свидетельствуют, что динамика болотной экосистемы была тесно связана с региональными климатическими колебаниями. Периоды потепления (9,0–7,9; 6,3–5,7; 4,9–4,5 тыс. кал. л. н.) характеризовались распространением елово-лиственничных лесов. Во время похолоданий (7,9–6,3; 5,7–4,9 тыс. кал. л. н. и вплоть до настоящего времени) площадь лесов сокращалась, а их место занимали открытые кустарниковые сообщества. Современный облик растительный покров приобрел около 2,5 тыс. кал. л. н. Полученные результаты хорошо согласуются с основными временными рубежами климатических изменений в других регионах севера Средней Сибири, но вместе с тем вносят существенный вклад, обеспечивая более детальную и точную реконструкцию природной динамики для северо-запада плато Путорана.

Исследование выполнено при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. *Andreev A., Tarasov P., Klimanov V., Melles M., Lisitsyna O., Hubberten H.* Vegetation and climate changes around the Lama Lake, Taymyr Peninsula, Russia during the Late Pleistocene and Holocene // *Quaternary International*. 2004. Vol. 122. P. 69–84.

М.П. Маслинцына^{1, 2}, Т.В. Лобанова¹

¹*Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

²*Уральский федеральный университет им. первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия*

mashamaslintsina@gmail.com

СЕРЫЙ ГУСЬ (ANSER ANSER) ИЗ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ СРЕДНЕВЕКОВОГО ПАМЯТНИКА ШЕРКАЛЫ-1 (ХМАО)

Данная работа посвящена описанию находок костных остатков серого гуся *Anser anser*, обнаруженных в культурных слоях археологического памятника древнего населения Югры Шеркалы-1. На сегодняшний день серый гусь является редкой птицей на севере Сибири. Встречи серого гуся в долине Оби известны лишь по единичным сообщениям до 1970-х годов. По результатам исследований установлено, что в средневековую эпоху ареал этого вида охватывал северотаежную и лесотундровую часть Сибири. Сокращение численности серого гуся на севере Сибири, вероятно, может быть связано с промыслом средневекового населения этой территории.

Ключевые слова: кости, птицы, голоцен, Сибирь

M.P. Maslintsyna^{1, 2}, T.V. Lobanova¹

¹*Institute of Plant and Animal Ecology Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia*

² *Ural State University, Yekaterinburg, Russia*

mashamaslintsina@gmail.com

GREY GOOSE (AVES: ANSER ANSER) IN CULTURAL DEPOSITS OF THE MEDIEVAL MONUMENT SHERKALY-1 (KhMAO)

This work is devoted to the description of the findings of the skeletal remains of the gray goose *Anser anser*, discovered in the cultural layers of the archaeological site of the ancient population of Yugra Sherkala-1. Today, the grey goose is a rare bird in the north of Siberia. Grey goose sightings in the Ob Valley are known only from isolated reports until the 1970s. According to the research results, it was established that in the medieval era the range of this species covered the northern taiga and forest-tundra part of Siberia. The decline in the number of gray goose in the north of Siberia is due to the fishing of the medieval population of this territory.

Keywords: bones, birds, Holocene, Siberia

С территории севера Сибири собраны многочисленные археозоологические материалы, содержащие костные остатки птиц [3]. Птицы из археологических памятников представляют большой интерес для изучения влияния антропогенного воздействия на распространение отдельных видов на данной территории. Среди таких видов – серый гусь *Anser anser* Linnaeus, 1758. Известно, что ареал серого гуся охватывает территорию Евразии от пустынь до северной тайги [6]. По результатам исследований динамики авифауны севера Западной Сибири, за последние 60 лет [2], единичные встречи серого гуся были зарегистрированы в пойме Нижней Оби до 1970-х годов. При этом на территории Ямала и в Нижнем Приобье этот вид не встречался. Серый гусь отмечен в нескольких археологических памятниках, расположенных на территории севера Западной Сибири (рис. 1), таких как Надымский городок, Полуйский мысовый городок, городище Мангазея, Усть-Войкарское городище [3], Березовское городище [5] и памятника с территории севера Восточной Сибири – г. Енисейск [1]. Также костные остатки серого гуся обнаружены в культурных слоях городища Шеркалы-1, расположенного на территории Нижнего Приобья.

Шеркалы-1 - крупный многослойный археологический памятник древнего населения Югры, датируемый XI-XVII вв. [4]. Раскопки на данном городище были начаты в 1978-1983 годах под руководством В. М. Морозова. Затем археологические работы осуществлялись в 2018-2023 годах под руководством А. В. Кенига. В ходе этих работ был собран богатый археозоологический материал, который частично был опубликован ранее [4]. В данной публикации рассматривается материал за все годы раскопок, включая и новые данные, полученные в ходе раскопок 2021-2023 годов.

По материалам 2018 года установлено, что большую роль в хозяйстве средневекового населения городища играл промысел крупных копытных, также велась охота на пушных млекопитающих, практиковалось рыболовство и животноводство (содержание домашних лошадей и собаководство). Промысел птиц по сравнению с охотой на крупных млекопитающих не играл существенной роли в хозяйстве населения Шеркалы-1, поскольку количество их костей составило не более 5% от общего числа остатков [4]. Ранее в материалах раскопок не было идентифицировано костей серого гуся, а также домашних птиц.



Рис. 1. Географическое положение археологических памятников, в культурных слоях которых обнаружен серый гусь (числами обозначено количество костных остатков *Anser anser*) и современный ареал серого гуся

Материалы и методы. Археологический памятник Шеркалы-1 (59°04' с.ш., 55°25' в.д.) расположен в северотаёжной части Западной Сибири, в южной части Нижнего Приобья, в 3 км к северо-западу от с. Шеркалы Октябрьского района ХМАО – Югры.

В ходе работы было изучено 425 костей птиц, включая 64 неопределимых фрагмента, из раскопов 1, 2, 6, 7, собранных в 1983, 2018-2019 и 2021-2023 годах. К *Anser anser* нами были отнесены 12 костных остатков (3% от общего числа определимых костей). Данные экземпляры собраны в ходе работ в 2021-2023 годах из раскопов 1 и 7. К серому гусю были отнесены целые правый и левый карпометокарпусы (рис. 2 – а, б), проксимальный конец правой лучевой кости (рис. 2 - д), проксимальный фрагмент правой плечевой кости с погрызами (рис. 2 - ж), полная вилочка, правая и левая ветви вилок, полная левая бедренная кость (рис. 2 - и), фаланги первого пальца крыла (рис. 2 – е).

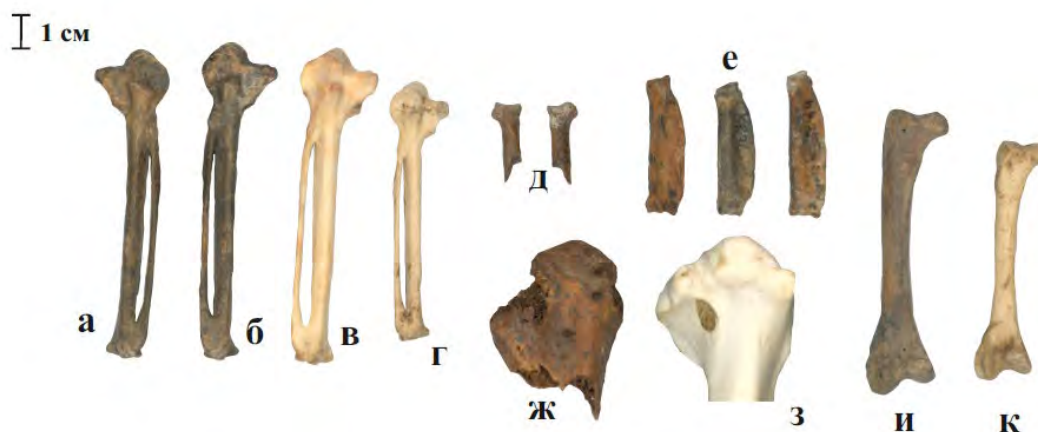


Рис. 2. Карпометакарпусы (а, б), проксимальная часть лучевой кости (д), фаланги крыла (е), проксимальный фрагмент плечевой кости (ж) и бедренная кость (и) серого гуся из Шеркалы-1; карпометакарпус (в) и плечевая кость (з) современного серого гуся из сравнительной коллекции ИЭРиЖ; карпометакарпус (г) и бедренная кость (к) современного белолобого гуся из сравнительной коллекции ИЭРиЖ

Определение костных остатков произведено сравнительно-морфологическим и морфометрическим методами с использованием сравнительной коллекции музея ИЭРиЖ УрО РАН и литературных данных [8]. Визуализация данных осуществлена в программе R 4.1 с помощью пакета ggplot2.

Результаты. Большую часть костных остатков гусеобразных из культурных слоёв памятника Шеркалы-1 составляют кости гуменника и белолобого гуся (96 экз.). Серый гусь отличается от этих видов заметно большими размерами.

Два полных карпометакарпуса принадлежат разным особям, так как отличаются по размерам (рис. 3). Размеры данных экземпляров соответствуют верхней границе изменчивости гуменника *Anser fabalis* и среднеразмерным серым гусям. Костные остатки гуменника из культурных слоев Шеркалы-1 имеют меньшую длину и ширину, что позволяет отнести их к серому гусю.

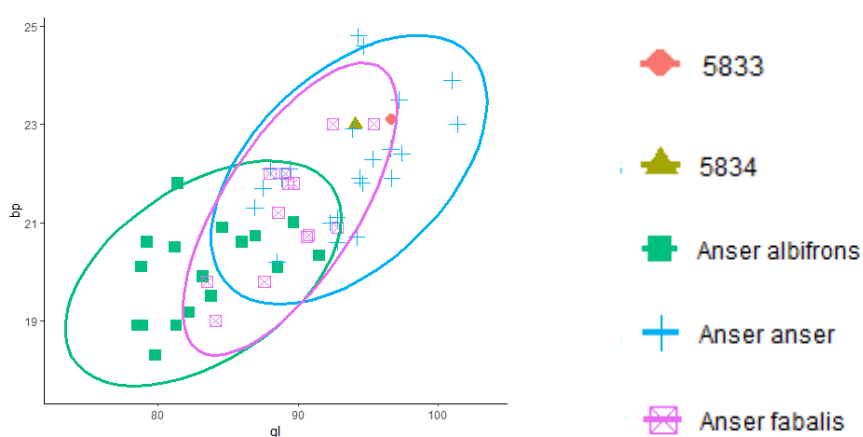


Рис. 3. Сравнение размеров (br – проксимальная ширина, gl – наибольшая длина кости) карпометакарпусов гусей

Проксимальный фрагмент плечевой кости значительно превышает размеры белолобого гуся из литературных источников [8]. Среди плечевых костей гуменников, обнаруженных в культурных слоях Шеркалы-1 нет экземпляров, достигающих размеров данного фрагмента. На основании этого экз. №369/5413 был отнесен к серому гуся (рис. 4).

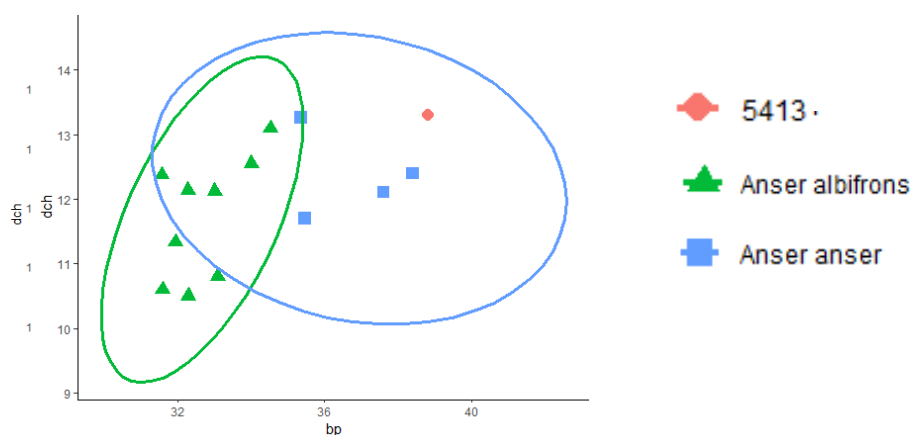


Рис. 4. Сравнение размеров (dch – наибольшая ширина головки плечевой кости, bp – ширина проксимального конца) плечевых костей гусей

Полная бедренная кость значительно превышает границы размерной изменчивости гуменника и белолобого гуся (рис. 5). Данный экземпляр соответствует крупным серым гусям (экз. №369/5628).

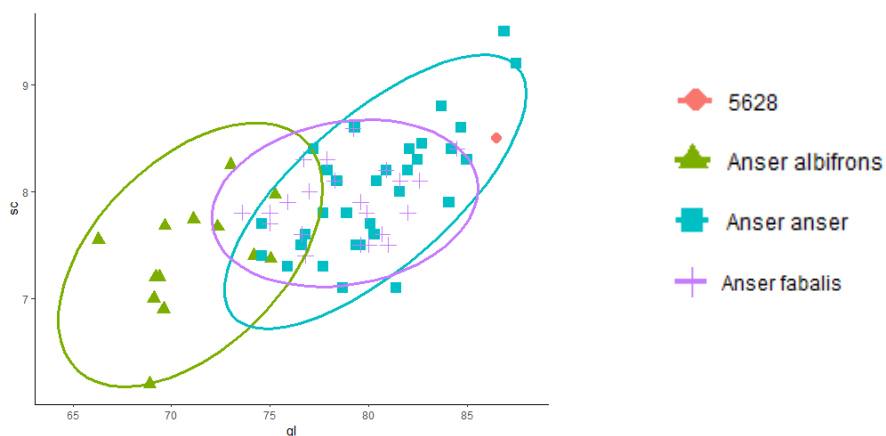


Рис. 5. Сравнение размеров (sc – ширина стержня, gl – длина кости) бедренных костей гусей

Заключение. Присутствие серого гуся в культурных слоях памятников севера Западной и Восточной Сибири свидетельствует о том, что в средневековую эпоху ареал *Anser anser* охватывал северную часть таежной зоны и заходил на территорию лесотундры. При этом количество костных остатков этого вида относительно общего числа костей птиц, собранных из средневековых памятников, невелико, что позволяет сделать вывод о немногочисленности серого гуся на этой территории в данную эпоху. Древнее население Сибири, по всей видимости, оказало сильное влияние на распространение серых гусей в северной тайге и лесотундре. На этих птиц активно велась охота, производился сбор яиц и приручение с целью одомашнивания [7]. Описанный в публикации материал указывает на то, что в средневековую эпоху серый гусь встречался в Нижнем Приобье, в то время как современных свидетельств его обитания там нет.

Список литературы

1. Бачура О.П., Лобанова Т.В., Визгалов Г.П., Мартынович Н.В., Гимранов Д.О. Хозяйственные аспекты жизнедеятельности населения города Енисейска в XVII-XIX веках (по остеологическим материалам из усадьбы Баландина) // Поволжская археология. 2020. Т. 1. № 31. С. 184–196.
2. Головатин М.Г. Оценка долговременной динамики орнитофауны севера Западной Сибири // Экология. 2023. № 2. С. 112–120.
3. Косинцев П.А., Лобанова Т.В. Птицы из голоценовых местонахождений севера Западной Сибири // Фауна Урала и Сибири. 2015. № 2. С. 88–105.
4. Лобанова Т.В., Бачура О.П., Мартынович Н.В., Гимранов Д.О. Городище Щеркалы 1 (XI-XVII вв.): археозоологические материалы из раскопок 2018 г // Северный регион: наука, образование, культура. 2020. Т. 1. № 45. С. 62–71.
5. Лобанова Т.В., Бачура О.П., Мартынович Н.В., Визгалов Г.П., Слесаренко И.В. Промысловые птицы в хозяйстве населения города Берёзова (по результатам археозоологического анализа) // Российская археология. 2023. № 3. С. 131–144.
6. Рябицев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2008. С. 608–608.
7. Тугаринов А.Я. Фауна СССР. Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 1941. 203 с.
8. Poland J. A methodological approach to the identification of duck and goose remains from archaeological sites with an application to Roman Britain: PhD thesis. University of Sheffield, 2018. 339 p.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПОСЛЕДНЕГО (МИКУЛИНСКОГО) МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ И ГОЛОЦЕНА В НОРВЕЖСКОМ МОРЕ

По комплексу седиментологических, изотопно-геохимических и микропалеонтологических данных выявлено, что местный термический оптимум последнего межледниковья был смещен на вторую половину изотопно-кислородной подстадии 5е 124–115 тыс. лет назад и состоял из двух коротких интервалов, разделенных сильным похолоданием 122–120 тыс. лет назад. В раннем-среднем голоцене 10–3 тыс. лет назад отмечен длинный устойчивый климатический оптимум по всем основным выявленным параметрам, а короткий палеотемпературный минимум произошел в позднем голоцене 3–2 тыс. лет назад в ходе регионального неогляциального похолодания.

Ключевые слова: четвертичная палеоокеанология, межледниковые условия, палеоклиматический оптимум, Норвежское море

A.G. Matul, E.A. Novichkova, M.P. Chekhovskaya, L.A. Lozinskaia
Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
amatul@mail.ru

ENVIRONMENTS OF THE LAST INTERGLACIAL AND HOLOCENE IN THE NORWEGIAN SEA

Based on sedimentological, isotope-geochemical and micropaleontological parameters of bottom sediments, it was revealed, that the local thermal optimum of the last interglacial was shifted to the second half of oxygen-isotopic substage 5e 124–115 thousand years ago and consisted of two short intervals separated by strong cooling 122–120 thousand years ago. In the Early-Middle Holocene 10–3 thousand years ago, a long stable climate optimum was noted for main identified parameters, and a short paleotemperature minimum occurred in the Late Holocene 3–2 thousand years ago during the regional Neoglacial cooling.

Keywords: Quaternary paleoceanology, interglacial environments, paleoclimatic optimum, Norwegian Sea

В Лофотенской котловине изменения $\delta^{18}\text{O}$ в раковинах планктонных фораминифер (ПФ) и содержание материала ледового разноса (МЛР) вместе обозначают начало межледниковых изотопно-кислородных стадий (ИКС) 5е (последнее межледниковья плейстоцена) и 1 (голоцен). Резкое падение концентрации МЛР вплоть до исчезновения в осадках произошло в момент быстрого уменьшения значений $\delta^{18}\text{O}$ 132 тысяч лет назад (тлн) для ИКС 5е и 11 тлн для ИКС 1. Еще один общий признак ИКС 5е и 1 – отставание изменений других характеристик осадков от ледниково-межледникового перехода в распределении $\delta^{18}\text{O}$ и МЛР: с задержкой росли содержание CaCO_3 , абсолютные концентрации ПФ и бентосных фораминифер (БФ), роль межледниковых комплексов ПФ и БФ. Но форма и временная величина отставания этих характеристик была разной.

В ИКС 5е содержание CaCO_3 , ПФ и БФ резко выросло до значений, обычно характерных для теплых интервалов, только по окончании этой подстадии ~ 115 тлн. В начале ИКС 5е вплоть до 124 тлн в ЮЗ Лофотенской котловине существовали полярные комплексы ПФ, но «оптимальная» часть межледниковой ИКС 5е в районе исследования была смещена в ее вторую половину, а сам оптимум разделялся на два коротких эпизода 124–123 и 118–115 тлн. В них повышалась концентрация раковин фораминифер и усиливалась роль относительно тепловодных видов ПФ. Сходные сведения есть для плато Воринг [3], где максимум потепления отмечен во второй половине последнего

межледниковья между 125 и 115 тлн, но без сильного похолодания в середине интервала. Математические модели [11] показывают, что сочетание высокого уровня инсоляции и активного таяния материковых ледников могли привести к сильному опреснению/охлаждению поверхности и ослаблению вертикальной конвекции и термохалинной циркуляции в Северной Атлантике и НГБ в начале ИКС 5е. Наши данные подтверждают такую общую картину о холодной первой половине последнего межледниковья.

В середине позднего местного оптимума ИКС 5е между ~122 и 120 тлн произошло глубокое падение температуры подповерхностной воды, соответствующее только сильному росту концентрации полярного вида *N. pachyderma* (sin.), но не вариациям других параметров осадка, как вероятный отклик на кратковременное продвижение Арктического фронта к району исследования. Поступление МЛР в осадок в это время не возобновлялось. Нестабильность глобального климата в последнее межледниковье давно установлена разными работами [9]. Но для НГБ четкий палеотемпературный минимум в пределах ИКС 5е пока не был установлен. После ИКС 5е большое накопление карбоната кальция и раковин ПФ+БФ в ЮЗ части Лофотенской котловины при небольшой ледовой активности (низкие значения МЛР) могло означать близкое расположение Арктического фронта как зоны высокой биопродуктивности в интервале продолжающейся теплой ИКС 5.

В голоцене пики концентрации CaCO_3 , ПФ и БФ тоже произошли с задержкой в ~2.5 тыс. лет после ледниково-межледникового перехода (после одновременного снижения накопления МЛР и уменьшения значений $\delta^{18}\text{O}$). Но задержка была короткой и случилась только в самом начале межледниковой ИКС 1. Максимальное содержание CaCO_3 , ПФ и БФ приурочено к региональному оптимуму раннего-среднего голоцена [13] и к потеплению в конце голоцена после уровня ~2 тлн [1]. Это сильно отличается от ИКС 5, когда данные параметры показали свой рост только после всего интервала межледниковой ИКС 5е. Как предполагалось выше, в ИКС 5 пики этих параметров могли скорее отразить близкое расположение Арктического фронта (по низким значениям реконструированной температуры) с его высокой биопродуктивностью. Но в голоцене они, видимо, показали окончательное восстановление близкого к современному уровня притока теплой североатлантической воды.

Работа выполнена по проекту РНФ № 24-17-00044, <https://rscf.ru/project/24-17-00044>

Список литературы

1. Ключиткина Т.С., Новичкова Е.А., Матуль А.Г., Кравчишина М.Д. Природная среда Норвежского моря в голоцене по данным анализа ископаемых микроводорослей // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 513. № 2. С. 89–94. <https://doi.org/10.31857/S2686739723601631>
2. Bauch H.A., Erlenkeuser H. A “critical” climatic evaluation of last interglacial (MIS 5e) records from the Norwegian Sea // Polar Research. 2008. Vol. 27. P. 135–151. <https://doi.org/10.1111/j.1751-8369.2008.00059.x>
3. Cheddadi R., Mamakowa K., Guiot J., Beaulieu J., Reille M., Andrieu V., Granoszewski W., Peyron O. Was the climate of the Eemian stable? A quantitative climate reconstruction from seven European pollen records // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1998. Vol. 143. P. 73–85. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00067-4)
4. Govin A., Braconnot P., Capron E., Cortijo E., Duplessy J., Jansen E., Labeyrie L., Landais A., Marti O., Michel E., Mosquet E., Risebrobakken B., Swingedouw D., Waelbroeck C. Persistent influence of ice sheet melting on high northern latitude climate during the early Last Interglacial // Climate of the Past. 2012. Vol. 8. P. 483–507. <https://doi.org/10.5194/cp-8-483-2012>

5. Jansen E., Andersson C., Moros M., Nisancioglu K., Nyland B., Telford R. The Early to Mid-Holocene Thermal Optimum in the North Atlantic // Natural Climate Variability and Global Warming. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd., 2008. P. 123–137.
<https://doi.org/10.1002/9781444300932.ch5>

А.Б. Михайлова, А.В. Гренадерова
ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия
arodionova@sfu-kras.ru

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОЛОЦЕНА КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

В работе приведены результаты комплексных палеоэкологических исследований болотных ландшафтов Канской лесостепи Средней Сибири в голоцене. Комплексный подход включает применение спорово-пыльцевого и ботанического анализа торфа, палеоантракологического анализа радиоуглеродного датирования, определения степени гумификации и зольности, а также изучение подстилающих торф минеральных отложений для понимания этапа развития экосистемы до начала торфонакопления. Объекты исследования расположены в пределах бассейнов рек Есауловка и Кан (правобережные притоки р. Енисей). Комплекс методов позволил выявить не только динамику растительного покрова, но и реконструировать пожарный режим территории, а также проследить отклик ландшафтов на основные экстремумы голоцена.

Ключевые слова: болотные отложения, голоцен, лесостепь, спорово-пыльцевой анализ, ботанический анализ торфа, палеоантракологический анализ

A.B. Mikhailova, A.V. Grenaderova
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
arodionova@sfu-kras.ru

HOLOCENE LANDSCAPE AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE KANSK FOREST-STEPPE

This study presents the results of comprehensive paleoecological research on the peatland landscapes of the Kansk Forest-Steppe in Middle Siberia during the Holocene. The integrated approach combines pollen analysis, botanical analysis of peat, macrocharcoal analysis, radiocarbon dating, as well as measurements of the degree of humification and ash content. Additionally, the underlying mineral deposits were studied to understand the ecosystem development stage prior to the initiation of peat accumulation. The study sites are located within the basins of the Esaulovka and Kan Rivers (right-bank tributaries of the Yenisei River). The application of this multi-proxy methodology enabled not only the reconstruction of vegetation dynamics but also the assessment of the regional fire regime and the tracing of landscape responses to major Holocene climate extremes.

Keywords: peatland deposits, Holocene, forest-steppe, pollen analysis, botanical analysis of peat, macrocharcoal analysis

Болотные ландшафты являются важными природными архивами для реконструкции изменений климата и окружающей среды голоцена. Применение комплексного подхода в исследованиях болот обеспечивает получение надёжных реконструкций, основанных на независимых источниках данных.

Сравнение нескольких палеоархивов из одного региона позволяет проследить особенности отклика на динамику природных условий, выявить синхронность, и описать региональные палеоклиматические закономерности. Если же, сигналы имеют некоторые расхождения, то наиболее вероятно, что это связано с влиянием других локальных условий [10].

Ключевыми объектами данного исследования явились болота Пинчинское [11] (бассейн р. Есауловка), Большое [2] и Сосновка [9] (бассейн р. Кан). При проведении исследования применялся комплексный анализ отложений, включающий спорово-пыльцевой [12], ботанический анализ торфа [3; 5] и анализ непыльцевых палиноморф, анализ условий

увлажнения при помощи шкалы Л. Г. Раменского [6]. По методикам ГОСТ была определена зольность [1], степень разложения торфа (на основе процента светопропускания) определялась фотометрическим методом [7]. Минеральные отложения выборочно были изучены методом определения гранулометрического состава по Н.А. Качинскому [4], определена их морфология и минеральный состав. Анализ микро- и макроугольков выполнен по методике [8].

Проведенные палеоэкологические исследования торфяных болот Пинчинское, Сосновка и Большое в лесостепном предгорном районе северо-западного макросклона Восточного Саяна (Канская лесостепь, расположенная в Рыбинской межгорной впадине) позволили детально реконструировать ландшафтно-климатическую динамику региона на протяжении большей части голоцена.

Так для бассейна р. Есауловка было установлено начало торфонакопления около 7400 кал.л.н., ранее с 8900 кал.л.н. накапливались озерные отложения с включением раковин моллюсков, свидетельствующие о более влажных условиях в период термического оптимума голоцена.

Начало торфонакопления в пойме реки Кан (по данным изучения болота Сосновка) датируется возрастом около 9.7 тыс. кал. л.н. Реконструкция на основе болота Большое, охватывающая 6600 лет, выявила детальную запись изменений.

Сочетание теплых и влажных условий фиксируется между 8150 и 6000 кал. л.н. в термический оптимум голоцена. В интервале 7500-6000 кал. л.н. зафиксировано усиление аридизации, выразившееся в сокращении участия ели и пихты в составе древостоя, повышении горимости лесов и активизации торфонакопления.

Похолодание около 5500 кал. л.н. способствовало увеличению обводненности болот и восстановлению темнохвойных лесов. Так локальные условия повышенного увлажнения сложились на болоте Пинчинское между 5000 и 1500 кал. л.н., в данный период процесс торфонакопления был прерван, накапливался аллювийный материал.

Для двух палеоархивов в бассейне р. Кан было установлено, что экстремально засушливые условия в период 4200-3600 кал. л.н. вызвали значительное усиление пожарной активности. В интервале 3100-2400 кал. л.н. зафиксировано похолодание и увеличение увлажнения (снижение испаряемости), что способствовало расширению ареала темнохвойных пород. Около 2400-2200 кал. л.н. происходит снижение увлажнения. Далее в интервале 1700-1200 кал. л.н. отмечено значительное похолодание и увеличение увлажнения. Наиболее выраженный отклик растительности наблюдается в период 1350-1230 кал. л.н., соответствующий похолоданию "Темных веков". Это время характеризуется максимальным содержанием темнохвойных пород в составе лесных сообществ.

Средневековый климатический оптимум (1000-700 кал. л.н.) проявился относительно слабо, оказав основное влияние на локальную болотную растительность. Период 650-150 кал. л.н. соответствует Малому ледниковому периоду, который характеризовался увеличением увлажнения.

Последние 800 лет наблюдается усиление континентальности климата, выразившееся в расширении лесов с участием *Pinus sylvestris*, значительном увеличении пожарной активности.

Проведенное исследование демонстрирует сложную динамику ландшафтов в течение голоцена и высокую чувствительность предгорных территорий северо-западного макросклона Восточного Саяна к изменениям в переносе тепла и влаги с Атлантики.

Полученные данные также свидетельствуют о значимости проведенной работы, подтвержденной комплексным применением спорово-пыльцевого, ботанического и палеоантракологического анализов в сочетании с радиоуглеродным датированием, что позволило выявить не только региональные климатические тренды, но и отклики на локальные события.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-

Список литературы

1. ГОСТ 27784-88 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв. М., 1988. 7 с.
2. Гренадерова А.В., Михайлова А.Б., Курьина И.В., Подобуева О.В. Отклик растительного покрова в предгорье Восточного Саяна на голоценовые экстремумы климата: по данным изучения болота Большое // Геоморфология и палеогеография. 2024. Т. 55. № 4. С. 157–176. <https://doi.org/10.31857/S2949178924040107>
3. Домбровская А.В., Коренева М.М., Тюремнов С.Н. Атлас растительных остатков, встречающихся в торфе. М.: Госэнергоиздат, 1959. 137 с.
4. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы и методы его изучения. Москва, 1958. 192 с.
5. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. Л.: Недра, 1977. 371 с.
6. Раменский Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1956. С. 57–67.
7. Chambers F., Beilman D., Yu Z. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics // Mires and Peat. 2010. № 7. P. 1–10.
8. Clark J. Particle Motion and the Theory of Charcoal Analysis: Source Area, Transport, Deposition, and Sampling // Quaternary Research. 1988. Vol. 30. Iss. 1. P. 67–80.
9. Grenaderova A., Mikhailova A., Sharafutdinov R., Stojko T. Holocene environmental conditions in the Eastern Sayan foothills according to a comprehensive paleoecological study of the Sosnovka mire // Limnology and Freshwater Biology. 2024. P. 394–399.
10. Lavoie M., Pellerin S., Larocque M. Examining the role of allogeous and autogenous factors in the long-term dynamics of a temperate headwater peatland (southern Quebec, Canada) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2013. Vol. 386. P. 336–348.
11. Mikhailova A., Grenaderova A., Kurina I., Shumilovskikh L., Stojko T. Holocene vegetation and hydroclimate changes in the Kansk forest steppe, Yenisei River Basin, East Siberia // Boreas. 2021. Vol. 50. P. 948–966.
12. Moore P., Webb J., Collinson M. Pollen analysis. Oxford: Blackwell scientific publication, 1991. 216 p.

Н.В. Мокиевский¹, А.О. Макеев², А.В. Русаков³, М.П. Лебедева¹, Л.С. Фролова¹

¹*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия*

²*МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

³*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

n.mokievskiy@bk.ru

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ МАТРИЦА ПОЛНОГОЛОЦЕНОВЫХ ПОЧВ НА ПОКРОВНОМ СУГЛИНКЕ БОРИСОГЛЕБСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Приведено исследование катены дерново-подзолистой почвы. Верхние горизонты почвы сформированы в однородном пылеватом слое с преобладанием частиц размером 35 мкм. Слой имеет позднеледниковый возраст.

Ключевые слова: Тектурная дифференциация, эоловая седиментация

N.V. Mokievsky¹, A.O. Makeev², A.V. Rusakov³, M.P. Lebedeva¹, L.S. Frolova¹

¹*Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia;*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;*

³*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;*

n.mokievsky@bk.ru

LITHOLOGICAL MATRIX OF HOLOCEN MANTLE LOAM SOILS ON THE BORISOGLEBSKAYA UPLAND

The Luvisol catena was studied. The upper horizons of the soil are formed in a silty layer with a predominance of particles 35 µm size. The layer is of late glacial age.

Keywords: Textural differentiation, eolian sedimentation

Катена из 4 разрезов, заложенная вдоль северного макросклона Борисоглебской возвышенности от разреза Бул-3 к разрезу Горб-1 описывает озёрных и покровно суглинистых отложений и включает 4 разреза (рис.1).

3 верхних разреза похожи между собой и могут быть отнесены к Albic Retisol Loamic Aric Cutanic. Толща покровного суглинка красновато-бежевой окраски (7,5YR 4/6) и выраженной призматически-плитчатой структурой перекрыта более лёгким белёсым лёгким слоем. В разрезе Бул-2 верхний пылеватый слой отделён от тяжёлой части профиля слоем песка. Хорошо заметны следы криогенеза в песчаном горизонте. В нижнем разрезе Бул-3 (Gleyic Albic Retisol Loamic Aric Cutanic) сильно проявлены признаки оглеения, усиливающиеся в нижней части профиля. Горизонты песчаный слой отсутствует, однако на глубине 70 см встречаются линзы песчаного материала аналогичного материалу из Бул-2, так же имеющего следы криогенной проработки. Дата ОСЛ, полученная из такой линзы, составила 19 тыс. лет.

Пылеватый слой в разных частях катены имеет близкую мощность и сходный пылеватый состав. Распределение частиц, измеренное методом лазерной дифрактометрии, имеет постоянную моду 35-40 мкм. При этом сортированность возрастает при движении вверх по склону. Пылеватые зёрна верхнего слоя имеют несколько большую окатанность, по сравнению с пылевым материалом покровного суглинка. Плащеобразное залегание и пылеватый состав осадков дают основание предполагать его эоловое происхождение.

Выводы: Профиль текстурно-дифференцированных почв Борисоглебской возвышенности сформирован в позднеледниковье и служит основой для голоценового

почвообразования. Существенную роль в его формирование внесли заключительные этапы седиментации.



Рис. 1. Разрезы катены на покровном суглинке. А– Горб-1, В– Бул-1, С– Бул-2, D– Бул-3.
Высоты 230, 170, 162 и 153 м н.у.м. соответственно

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ № 23-17-00073.

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭСТУАРНО-ДЕЛЬТОВЫХ СИСТЕМ

Выявлены особенности современного формирования эстуарно-дельтовых систем. Направленность развития устьевых процессов зависит от знака и активности вертикальных тектонических движений. Во многих случаях отмечалось постепенное смещение границы эстуария вверх по руслу реки.

Ключевые слова: эстуарий, приливы, дельта, морфодинамический тип русла

N.N. Nazarov

Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,

Vladivostok, Russia

nikolainazarovpsu@gmail.com

MODERN DEVELOPMENT OF ESTUARY-DELTA SYSTEMS

The features of the modern formation of estuary-delta systems are revealed. The direction of development of estuary processes depends on the sign and activity of vertical tectonic movements. In many cases there was a gradual shift of the estuarine boundary upstream of the river channel.

Keywords: estuary, tides, delta, morphodynamic channel type.

Направленность и темпы развития эстуарно-дельтовых систем (ЭДС) в переходной зоне «суша–океан» являются вопросами, решение которых может в значительной степени минимизировать риски возникновения негативных ситуаций для жителей и инфраструктуры городов и поселений в устьях рек. Острота проблемы, в первую очередь, обусловлена повышением уровня Мирового океана и отсутствием понимания масштабов развития данного процесса в пределах разных континентов и морей. Под ЭДС понимается комплекс субэзральных и субаквальных аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских аккумулятивных и эрозионных форм рельефа и слагающих их отложений, сформированных рекой и морем в пределах устьевого конуса выноса реки за определенный исторический интервал времени [9]. Являясь частью устьевых областей рек, в них, начиная с верхней границы и далее вниз по течению, происходит сокращение активности и рельефообразующей деятельности речных (руслowych) процессов и одновременно увеличение эффективности морских процессов.

Параллельно с дифференциацией гидролого-морфологических систем в устьевых областях рек (УОР) в этих же границах происходит формирование *эстуарно-дельтовых экосистем* по степени солености и концентрации взвешенных наносов, которые определяют состав, запасы и воспроизводство в них гидробионтов и бентоса. Из-за высокой динамичности и больших различий в относительной и абсолютной протяженности дельт и/или эстуариев продолжительность существования экосистем в определенных границах может очень сильно различаться и составлять по времени от нескольких часов до нескольких десятилетий [7]. По этой причине сами устья рек часто являются лимитирующим фактором для численности нерестящихся рыб, гнездования и концентрации околотовных видов птиц и животных.

Вопросом, касающимся установления ближайших перспектив современного развития устьев рек на побережьях морей, но до настоящего времени пока не имеющим однозначного

ответа, является степень и характер влияния повышения уровня океана на динамику границ ЭДС и, в первую очередь, эстуариев, во многом определяющих экологическую устойчивость УОР [1]. Большие различия в высоте приливов в различных частях Мирового океана делают решение данного вопроса крайне непростым, требующим учета многих неизвестных, отвечающих за широкий спектр условий и факторов развития, как речных (русловых), так и морских процессов, действующих в устьях рек.

Цель исследования – на примере приливных ЭДС, используя методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), выявить особенности современной динамики элементов ЭДС и развития УОР в целом.

Для исследования были отобраны устья рек с разной высотой прилива в приемном водоеме – микро-(менее 2 м), мезо– (2–4 м) и макроприливные (более 4 м). Основным методом получения необходимых данных о пространственном положении ЭДС и УОР стало дешифрирование материалов спутниковой съемки свободного доступа (Yandex-карты, GoogleMaps, Google Earth Pro). Для фиксирования разновременных («начальных» и современных) границ дельт и эстуариев использовались дешифрировочные признаки (маркеры) развития ведущих процессов устьевого морфолитогенеза [5].

Определение морфолого-морфометрических параметров русла, обычно наблюдаемых на ранних этапах его формирования в УОР, включало распознавание и фиксирование местоположений участков развития устьевых процессов, начиная с момента стабилизации уровня 7–5 тыс. л. н. на отметках, близким к современным. Известно, что в течение всего последующего времени колебания уровня Мирового океана не превышали +1–3 м с небольшой тенденцией к подъему около 1 мм/год [8]. Основными дешифрировочными признаками расположения элементов ЭДС сразу после заполнения ингрессионного залива или их формирования в поймах рек, выходящих своими устьями на открытые побережья морей, стали, во-первых, морфолого-морфометрические характеристики элементов пойменных генераций – старичные озера и сухие староречья, фиксирующие динамические стадии развития излучин (признак степени активности русловых процессов), во-вторых – расположение аккумулятивных форм в истоках рукавов и узлах разветвлений, являющихся признаками направленного смещения вверх по течению реки зоны подпора и направленной аккумуляции наносов в дельте.

Примером развития устьевых процессов в макроприливной УОР была выбрана р. Сёмжа (рис. 1), одна из наиболее изученных рек в части развития гидрологических процессов [3]. Первой задачей, во многом определившей весь дальнейший ход исследования в нижнем течении р. Сёмжа, стало установление участка реки, выше которого влияние морских процессов обычно не фиксируется. Используя материалы спутниковой съемки, в качестве признака предела распространения их воздействия на динамику водных масс реки было выбрано, во-первых, снижение концентрации взвеси («мути») в русле до ее полного исчезновения, и, во-вторых, резкое снижение частоты встречаемости фрагментов вдольрусловых («подбровочных») осушек, также на коротком расстоянии заканчивающихся их полным исчезновением.

Анализ структуры морфодинамических типов русла Сёмжи, также являющейся индикатором «столкновения» морских и речных (русловых) процессов, показал наличие не менее пяти достаточно четко выраженных по своей морфологии участков.

Установление степени соответствия морфолого-морфометрических характеристик современного русла в пределах первой пойменной генерации (ПГ1) параметрам староречий в смежных с ними вторых пойменных генерациях (ПГ2), сформированных на более ранней стадии голоцена, показал, что характеристики последних, в большей степени, повторяются в конфигурации и размерах излучин на участках русла, расположенных выше по течению. Так староречья I и II участков в ПГ2 соответствуют морфолого-морфометрическим характеристикам русла реки на участке III, а сухие староречья и старичные озера против участков III и IV – современному руслу на участке V. Подобная асимметрия современной конфигурации русла с формой староречий, часто фиксируемая в поймах крупных рек,

обычно бывает связана с климатическими изменениями и голоценовой коррекцией стока [5]. Для мезо- и макроприливных УОР подобное «несовпадение» морфологии и морфометрии элементов русла и староречий может объясняться только двумя причинами – или быстрым смещением устьевых створа в сторону реки в результате активной абразии берега (включая подводный склон) и/или быстрым повышением уровня приемного водоема. В случае с устьем Сёмжи, по-видимому, оба этих фактора с той или иной долей своего участия стали причиной направленного смещения всех элементов ЭДС и верхней границей УОР вверх по руслу реки. Высота прилива в реке может достигать 9 м, а скорость вертикальных тектонических движений – минус 4–6 мм/год [2]. Правомерно данный процесс назвать *эстуаризацией* русла. Для Сёмжи, отталкиваясь от времени окончания среднеголоценовой трансгрессии моря (5400–5300 к.л.н.), средняя скорость развития данного процесса в УОР находится в диапазоне 0,6–0,9 м/год. С учетом ускорения подъема уровня в последние десятилетия фактические значения данного показателя на среднесрочную перспективу уже будут в разы больше. Для рек с более высокими значениями уклона на устьевом участке и приглубым взморьем скорость *эстуаризации* УОР, по-видимому, может увеличиться до первых десятков метров в год.

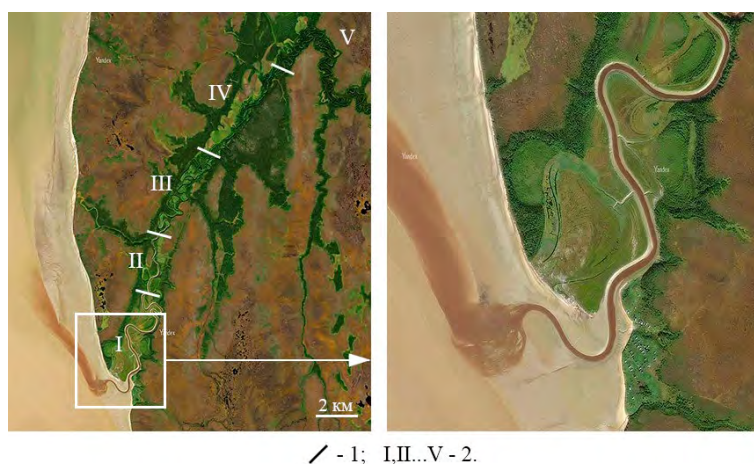


Рис. 1. Районирование УОР р. Сёмжа по морфолого-морфометрическим особенностям русла

Примером проявления динамики элементов ЭДС в микроприливных УОР стали реки Туманная и Партизанская, впадающие в Японское море на противоположных мысах залива Петра Великого (рис. 2). Кроме различий, по сравнению с р. Сёмжа, в величине высоты полусуточных приливов, не превышающих 0,5 м, отличие устьевых областей этих рек состояло в приглубости взморья и низких скоростях вертикальных движений – от 0 до –2 мм/год [6]. Анализ рисунка современной и древней гидросети в структуре ЭДС и смежных геосистем показал, что на стадии выполнения ингрессионных заливов и некоторое время после их заполнения наносами устья рек представляли собой мало- или многорукавные дельты. Об этом говорит густая (р. Туманная) или разряженная (р. Партизанская) сеть староречий разной степени выраженности в рельефе и характера связи морем. Прекращение активного функционирования рукавов и протоков произошло путем занесения («кольматации») наносами их истоков в узлах разветвлений. В результате многорукавные дельты превратились в однорукавные, а в самой дельтовой геосистеме значительную долю стала занимать отмершая дельта с сетью староречий и руслоподобных морских заливов (рис. 2). Объяснить смещение вверх по течению реки зоны активной аккумуляции наносов можно только перемещением зоны подпора, которое является устойчивым признаком расширения границ эстуария в результате повышения уровня моря.

В результате изучения особенностей взаимодействия речных и морских процессов в приливных устьях рек, испытывающих разнонаправленные воздействия вертикальных тектонических движений, было установлено, что из-за различий в их значимости при

развитии конкретных ЭДС может происходить как расширение зоны эстуария, проявляющееся увеличением протяженности субаквальных комплексов в УОР, так и ее уменьшение за счет увеличения протяженности субаэральных. Третьим возможным вариантом функционирования устьевых участков рек является «нейтральный» (консервативный) путь развития, при котором на всем протяжении позднего голоцена продолжает сохраняться местоположение верхней и нижней границы дельты и эстуария.



••• - 1

Рис. 2. Участки отмершей дельты в ЭДС рек Туманной (а) и Партизанской (б): 1 – отмершая дельта

Работа выполнена по теме государственного задания «Естественная и антропогенная динамика, трансформация и эволюция разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне «суша–океан» в условиях возрастания природных и техногенных рисков; разработка методов и геоинформационных технологий их мониторинга и моделирования» (125021302113-3).

Список литературы

1. Большианов Д.Ю., Макаров А.С. Колебания уровня моря – ключевой фактор дельтоформирования // Водные ресурсы. 2022. Т. 49. № 5. С. 568–582. <https://doi.org/10.31857/S0321059622050030>.
2. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы (1:10 000 000). М., 1971.
3. Мискевич И.В., Алабян А.М., Демиденко Н.А., Коробов В.Б., Панченко Е.Д. Формирование высокой мутности вод в малых приливных эстуариях Белого и Баренцева морей // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2022. № 4. С. 142–153.
4. Назаров Н.Н. Особенности проявления русловых процессов в устьевых областях приливных рек // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 18–32. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_2.
5. Назаров Н.Н., Копытов С.В., Чернов А.В. К вопросу о возрасте пойм прерывисто-динамического развития (на примере верхней Камы) // Географический вестник. 2016. Т. 3. № 38. С. 15–27.
6. Петренко В.С. Формирование и современное состояние берегов Приморья // Береговые исследования в Тихоокеанской России: сборник научных статей. Владивосток: Изд-во ДФУ, 2020. С. 144–155.
7. Петрухина Д.В. Жизнь в дельте: о переплетениях природного и социального в устьях рек // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 5, История: Информационно-аналитический журнал. 2023. С. 89–101.
8. Уровень берега и дно океана. М.: Наука, 1978. 191 с.

9. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития. М.: ГЕОС, 2007. 445 с.

Е.Н. Наквасина¹, А.В. Козыкин²

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск, Россия
e.nakvasina@narfu.ru

²Национальный парк «Кенозерский», г. Архангельск, Россия
gryllus2007@gmail.com

ИСТОРИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ В ПОСТАГРОГЕНЕЗЕ (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КЕНОЗЕРСКИЙ»)

Рассмотрены тенденции и закономерности изменения экосистем на заброшенных сельскохозяйственных угодьях различного назначения в Национальном парке «Кенозерский» (Архангельская область). Показаны особенности формирования современных лесных ландшафтов, структуры и продуктивности лесных насаждений, сформированных на бывших пашнях, перелогах, сенокосах.

Ключевые слова: залежи, исторические карты, почвы, вторичные леса, продуктивность

E.N. Nakvasina¹, A.V. Kozykin²

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia
e.nakvasina@narfu.ru

²Kenozersky National Park, Arkhangelsk, Russia
gryllus2007@gmail.com

HISTORICAL DYNAMICS OF ECOSYSTEMS IN POST-AGROGENESIS (ON THE EXAMPLE OF THE KENOZERSKY NATIONAL PARK)

The trends and patterns of ecosystem changes in abandoned agricultural lands for various purposes in the Kenozersky National Park (Arkhangelsk region) are considered. The features of the formation of modern forest landscapes, the structure and productivity of forest plantations formed on former arable lands, overgrowths, hayfields are shown.

Keywords: abandoned fields, historical maps, soils, secondary forests, productivity

На Европейском Севере России широко представлены вторичные/производные леса, которые сформировались при зарастании сельскохозяйственных земель лесом [1], что привело к нарушению исконных (доагрикультурных) лесных экосистем. По мнению Д.В. Трубина [6] только в южной части Архангельской области постагrogenных лесов насчитывается более 1 млн. га. Причиной подобной смены является распространение в лесной зоне подсеčno-огневой и переложной систем земледелия [3], с явно выраженной лоскутностью и разбросанностью на различном удалении от деревень. При освоении севера земледелие было комбинированным, одновременно с подсекой и перелогами с короткими ротациями пашен распространялось и пашенное земледелие с постоянными пашнями, было много сенокосных угодий, в том числе и промежуточного пользования (на перелогах). Разные сельскохозяйственные угодья предполагали различное аграрное освоение и содержание, связанное с ротациями оборотов и внесением удобрений для повышения плодородия бедных северных почв. После отчуждения полей формировались постагrogenные сукцессии, отражающие «эффект наследия» [7] относительно разной скорости протекания восстановительных процессов, структуры и продуктивности формирующихся лесных насаждений [8]. Несомненно, что формирование экосистем (леса, лесные поляны) идет по зональному типу, связано с окружающими залежи насаждениями,

однако характер предыдущего землепользования сохраняется на столетия и влияет на биоразнообразие, почвенные свойства, породный и типологический состав и рост лесов.

Для понимания состава и структуры современных ландшафтов производных лесов на бывших аграрных территориях важно знать тенденции и закономерности изменения и динамики экосистем.

Широкие возможности открывают для подобных исследований заповедные территории, где сохраняется информация об исторической инфраструктуре местности, и есть возможность проследить произошедшие постаграрные изменения.

Исследования в этом направлении проводит Национальный парк «Кенозерский», расположенный на юго-западе Архангельской области (подзона средней тайги). На территории парка были начаты натурные идентификационные исследования старых аграрно-освоенных участков, в настоящее время находящихся в стадии восстановительных сукцессий по лесному или луговому типам [5]. Методом опробования были подобраны участки разного возраста забрасывания и аграрного использования, выявлены типичные признаки постаграрных почв. По морфологическим признаками бывших аграрно освоенных горизонтов удавалось отнести старые (заброшенные) поля к короткой (перелог) или длительной (постоянные пашни) обработке почвы, уточнить наличие промежуточного пользования после отчуждения (сенокосение). Агрохимический анализ почв бывших пахотных горизонтов показал устойчивое сохранение искусственного плодородия почв, особенно на постоянных пашнях, которое даже спустя сотню лет после забрасывания и зарастания лесом сохраняется на уровне и выше среднего по сельскохозяйственным землям региона.

В результате на постаграрных землях формируются высокопродуктивные леса, разного породного состава и типологической структуры.

Для анализа современных лесов на территории Кенозерского парка был выбран ключевой участок (28,5 тыс. га), обеспеченный планами межевания части Олонецкой губернии 1861 г., обнаруженными в Национальном архиве Республики Карелия [10]. Старые межевые планы были совмещены со слоями ГИС лесоустройства парка (2014 г.), обеспеченными повыведельной информацией (тип леса, бонитет, состав, возраст и др.). Методика проведения работ отражена в статье А.В. Козыкина [2].

Согласно межевым планам и историческим документам территория Парка того времени была освоена под пашни, перелог, сенокосы более чем на 50%. Постоянные пашни (6,5 %) тяготели к деревням, подсеками осваивали участки с плодородными почвами на удалении, что привело к их разбросанности и мозаичности. Зброшенные после 5-8 лет использования перелог часто оставались сенокосными угодьями. Как правило площади пашен, колебались от 1,5 до 14 га, площади сенокосов – от 0,9 до 9 га.

Забрасывание сельскохозяйственных угодий, начиная с конца XIX в. происходило по различным причинам, было связано с миграцией населения, социальными явлениями того времени. Спустя 160 лет после создания межевых планов, картина ландшафтов на ключевом участке значительно изменилась. На его территории сформировался лесной массив (97 %) с мозаикой нативных и вторичных лесов постагрогенного генезиса. Из старых аграрных земель сохранилась лишь часть сенокосов, представляющих собой лесные поляны.

Структура современных лесов, сформированных на различных участках аграрного освоения того времени, отличается. Наиболее активно зарастали лесом перелог, не используемые под сенокосы, чему способствовали бедность почв и меньшее развитие трав (табл.). Пашни с плодородными почвами быстро зарастали богатой травянистой растительностью, использовались как сенокосы (до 60 % таких участков), что сдерживало поселение леса. После прекращения промежуточного пользования они постепенно также осваивались лесом.

На месте аграрно освоенных участков XIX в. чаще формируются сосняки черничного и кисличного типов леса (79 % на сенокосах, 81-90 % на пашнях и перелогах) достаточно

высокой продуктивности и смешанного состава. Как правило, на пашнях формируются леса 1-II классов бонитета, на перелогам могут встречаться и древостои более низкого (III и IV) бонитета, что связано с гетерогенностью и плодородием почв. Породной особенностью постагрогенных насаждений является преобладание в составе древостоев требовательных к плодородию почвы березы, ольхи, осины (насаждения таксируются как сосняки при доле сосны 3 и более ед. в составе). Большая доля сосны в составе древостоев встречается на бывших перелогам.

Таблица 1. Трансформация аграрно освоенных угодий на ключевом участке Кенозерского национального парка (га/%)

Категория угодий по межевому плану 1861 г.	Категории современных угодий	
	Лес	Сенокос
Пашни	1037,1 / 70,6	402,1 / 27,3
Перелогам	9171,1 / 99,1	73,5 / 0,8
Сенокосы	1241,3 / 85,3	189,6 / 13,0
Всего	11449,5 / 94,0	665,2 / 5,5

Процесс самозарастания залежей исследуемого ключевого участка на территории Кенозерского парка, который составляет по прогнозам [4] 100-120 лет, завершен. Однако постагрогенные лесные насаждения находятся в квазиклимаксовом состоянии. Их развитие и формирование экосистем в аграрно освоенных ландшафтах будет продолжаться, тем более что процесс залежеобразования, хоть и меньшими темпами, продолжается за счет отчуждения сельскохозяйственных земель в связи с оттоком населения.

Исследования выполнены в рамках темы «Идентификация объектов подсечно-огневого и переложного ведения хозяйства на территории Кенозерского национального парка».

Список литературы

1. Громцев А.Н. Производные леса на западе таежной зоны России: понятия, происхождение, идентификация // Труды Карельского научного центра РАН. 2019. № 5. С. 5–16.
2. Козыкин А.В. Методика оценки изменений агрокультурного ландшафта на основе ГИС-обработки планов межевания 1861 г. и современного описания лесного фонда Национального парка «Кенозерский» // Историческая информатика. 2021. № 2. <https://doi.org/10.7256/2585-7797.2021.2.35089>
3. Милов Л.В. Великорусский пахарь и особенности российского исторического процесса. М.: РОСПЭН, 2001. 576 с.
4. Москаленко С.В., Бобровский М.В. Расселение лесных видов растений из старовозрастных дубрав на брошенные пашни в заповеднике «Калужские засеки» // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т. 14. № 1(5). С. 1332-1335
5. Наквасина Е.Н., Голубева Л.В. Идентификация постагрогенных лесов в НП «Кенозерский» // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Естественные науки». № 4. 2015. С. 75–82
6. Трубин Д.В. Агрофорест: пашня и лес в неразрывной связи // Экопотенциал, 2016. Т. 2. № 14. С. 12–21.
7. Prévosto B., Kuiters L., Bernhardt-Römermann M., Dölle M., Schmidt W., Hoffmann M., Uytvanck J., Bohner A., Kreiner D., Stadler J., Klotz S., Brandl R. Impacts of Land Abandonment on Vegetation: Successional Pathways in European Habitats // Folia Geobot, 2011. Iss. 46. P. 303–325. <https://doi.org/10.1007/s12224-010-9096-z>

8. *Plieninger T., Schaich H.* Socialist and postsocialist land-use legacies determine farm woodland composition and structure: lessons from Eastern Germany // Eur J Forest Res. 2014. Iss. 133. P. 597. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0788-4>

РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТА РАННЕЙ-СРЕДНЕЙ БРОНЗЫ НА ОСНОВАНИИ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ КАМЕНСКОГО РАЙОНА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

На территории Каменского района Ростовской области исследован длинновременной хронологии почв, погребенных 5500 и 4000 лет назад под курганами эпохи бронзы. Результаты сравнительного изучения физико-химических, морфологических свойств почв выявили существование аридной в эпоху ранней бронзы и резко аридной палеоклиматической фазы средней бронзы, которые были разделены периодом гумидизации климата. Выявлены засоление и возрастание доли обменного Na^+ в палеопочвах (особенно средней бронзы), меньшие величины магнитной восприимчивости и глубины аккумуляции почвенных карбонатов, по сравнению с современной фоновой почвой. Современные условия почвообразования гумиднее, что выразилось в больших величинах магнитной восприимчивости, коэффициентов оксидогенеза, более глубоких отметках выщелачивания и сегрегации карбонатов, отсутствии признаков засоления, осолонцевания и загипсованности почвенного профиля.

Ключевые слова: палеопочвы, морфологические свойства, реконструкции палеоклимата

G.V. Nesteruk

Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

galanesv@yandex.ru

RECONSTRUCTION OF PALEOCLIMATE OF EARLY-MIDDLE BRONZE AGE BASED ON ARCHAEOLOGICAL MONUMENTS SOIL PROPERTIES INVESTIGATIONS IN KAMENSKY DISTRICT OF ROSTOV REGION

In the territory of Kamensky district of Rostov region the long-period chronosequence of soils buried 5500 and 4000 years ago was investigated. Comparative physico-chemical and morphological soils properties investigation results indicated the existence of arid early-bronze and extra-arid middle-bronze periods, which were distinguished by humid paleoclimatic phase. Salinization and raised exchangeable Na^+ percent (especially middle-bronze age soil), less magnetic susceptibility values and less soil carbonate accumulation levels than in modern surface soil have been identified. Present soil-forming conditions are more humid, that reflects in higher magnetic susceptibility and oxidogenesis coefficient values, deeper levels of leaching and segregation of carbonates, absence of salinity, less exchangeable Na^+ content and low gypsum values in soil profile.

Keywords: paleosols, soil morphology, paleoclimate reconstructions

Почва сохраняет информацию об условиях природной среды на момент сооружения кургана, поэтому исследования погребенных почв является удобным инструментом для палеоклиматических реконструкций. Память почвы, согласно [6], реализуется в записи факторов и процессов почвообразования на продуктах функционирования почвенной системы. Среди них гумус, педогенные минералы и новообразования, почвенная структура, поры и др., которые, накапливаясь, формируют различимые морфологически и аналитически педогенные признаки в твердой массе почв. Сравнительное изучение свойств хронологических почв, сформированных в схожих литолого-геоморфологических условиях, позволяет выявить тенденции изменения климата на определенной территории. Среди обширного почвенно-археологического материала по Югу России, палеопочвы курганов Ростовской области мало изучены, и для детализации схемы климатических изменений на ее территории требуются дополнительные исследования. Объектами исследования выбраны курганные

группы «Астахов II», «Малая Каменка VI/VIII» в Каменском районе Ростовской области. Заложено и изучено 4 разреза: погребенные под курганами палеопочвы, современная фоновая и пахотная почвы. Участки Астахов и Малая Каменка расположены вблизи одноименных хуторов на землях сельхозугодий и залежи.

Участки занимают Доно-Донецкую возвышенность и расположены на абсолютных высотах 42 и 55 м. Климат территории умеренно-континентальный со среднегодовой температурой воздуха $+8,8^{\circ}\text{C}$ и годовой суммой осадков 462 мм, в пределах засушливой зоны увлажнения по ГТК Селянинова (0,81). Реки Глубокая (левый) и Малая Каменка (правый) являются притоками Северского Донца. Также для территории типичны озера-старицы. Преобладают черноземы южные, встречаются черноземы обыкновенные на лессовидных суглинках (иногда на красно-бурых глинах, коренных породах). Черноземы практически повсеместно распаханы. Среди основного почвенного покрова встречаются пятна солонцов. По долинам крупных рек на аллювиальных отложениях сформированы долинные черноземы, серопески, встречаются луговые солонцеватые почвы. Растительность степная (разнотравно-типчаково-ковыльная), в поймах луговая, в балках – байрачные леса.

Изучен длинновременной хронологии палеопочв, относящихся по времени погребения к ранней и средней бронзе. Курган 2 курганной группы «Астахов II» расположен на высоте 42 м н.у.м. в пределах мысового выступа террасы с северной стороны устья балки Большая Сухая. Разрез 1 на глубине 2,54 м вскрыл погребенную почву возрастом 5500 лет. Разрез 2 современной пахотной почвы заложен в 150 м к юго-востоку от кургана. Курган 1 курганной группы «Малая Каменка VI/VIII» расположен на отметке 55 м I надпойменной террасы р. Малая Каменка. Разрез 3 на глубине 2 м вскрыл погребенную почву возрастом 4000 лет. Разрез 4 современной фоновой почвы заложен в 10 м к северу от кургана.

Использован почвенно-археологический метод исследования, возраст почв определяли согласно археологическим артефактам. Изучены морфологические и физико-химические свойства почв. Отбор, подготовку проб, описание почвенных разрезов проводили по общепринятым в почвоведении методам; цвет определяли по шкале Манселла. В лаборатории ЮНЦ РАН содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ определяли на Metavak CS-10, карбонаты на карбонатометре КМ-04С; гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому; $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (1:5) рН-метром РН-200. Плотный остаток и солевой состав водной вытяжки – по [1, 7]. В ЦКП ИФХиБПП РАН (г. Пущино) определяли магнитную восприимчивость (на Kappabridge KLY-2), обменные катионы методом Пфеффера в модификации Молодцова и Игнатовой по ГОСТ Р 59540-2021, содержание гипса гравиметрическим методом [1]. Оксалоторастворимое (Fe_{oks}), дитионит-растворимое (Fe_{dith}) железо определяли по методике 88-17641-181-2012 (ФР.1.31.2012.12699) в ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Согласно исследованиям, курган 2 Астахова имел конструкцию из нескольких насыпей: 1,5-метровый слой турбированного материала, 0,5-м слой дерновых блоков (ограниченный 2-см выкидами суглинка), 0,5-м засоленный бесструктурный слой, под ним вскрыта погребенная почва 1 (палеочернозем южный среднесуглинистый на среднесуглинистых отложениях). Современная почва 2 – пахотный чернозем южный среднесуглинистый на среднесуглинистых отложениях. Насыпь кургана 1 Малой Каменки была однородна и состояла из оструктуренного гумусового материала мощностью 2 м, перекрывающего погребенную почву 3 (палеочернозем южный маломощный тяжелосуглинистый на тяжелых лессовидных суглинках). Современная фоновая почва 4 – чернозем южный среднесуглинистый на тяжелых суглинках.

Морфологический анализ показал, что профили исследуемых почв состоят из следующих горизонтов: А–АВ–В_{Ca}–ВС_{Ca}–С_{Ca}. Палеопочва 1 имеет коричневый цвет горизонта [А] (10YR 4/2-3/2 по Манселлу), среднюю мощность гумусового профиля ([А+АВ]=45 см), вскипает с глубины появления псевдомицелия 35–40 см, белоглазка диаметром 1-1,5 см появляется с глубины 55 см, в горизонте ВС_{Ca} присутствуют прогумусированные корневые каналы, зоотурбированность профиля высокая. Современная пахотная почва 2 серовато-коричневая (10YR 4/2-3/2) в гумусовых горизонтах, с

контрастными переходом к АВ (10YR 5/2) и карбонатно-аккумулятивному (10YR 6/4+5/3) горизонтам, среднемощная ($A+AB=56$ см), почвенная масса вскипает от 10% HCl с уровня псевдомицелия 44 см, белоглазка до 1,5-2 см на глубине от 70 см, прогумусированные и прокарбоначенные каналы имеют большую мощность и проникают до почвообразующей породы. Почва 3 с серовато-коричневым (10YR 4/2-3/2) языковатым гумусовым горизонтом, маломощная ($[A+AB]=27$ см) с самым коротким профилем и минимальной глубиной вскипания (25 см), белоглазкой диаметром 1–1,5 см с 38 см, малой глубиной проникновения мелких корневых каналов, наибольшей перерытостью профиля и числом прямых и обратных кротовин. Современная фоновая почва 4 с темно-сери-коричневым (10YR 3/2+4/2) гумусовым горизонтом, среднемощная ($A+B=41$ см), псевдомицелий и вскипание с глубины 30 см, белоглазка с размытыми границами с глубины 60 см, крупные прогумусированные каналы до материнской породы, зоотурбированность средняя. Перерытость палеопочв землероями, укороченность профиля и языковатость границ гумусовых горизонтов (что особенно проявляется в почве 3), говорит о признаках аридного климата в эпоху ранней и особенно средней бронзы. Содержание гипса преимущественно было невысоким: 0,04–0,085% (на SO_4), аналитически выявлено с глубины 60–90 см, а в почве 3 – с 44 см.

Согласно полученным данным, величины магнитной восприимчивости для гумусового горизонта палеопочв 1 ($69-76 \cdot 10^{-8}$ СИ) и 3 ($65-73$) близки, но ниже, чем в фоновой 4 ($78-91$). В срединно-нижних горизонтах разреза 1 они выше (22–30), чем в разрезах 3 и 4 ($15-19 \cdot 10^{-8}$ СИ). Отношение оксалаторастворимого железа ($Fe_{окс}$) к дитионит-растворимому ($Fe_{дит}$) или критерий Швертмана в значениях 0,11–0,13 не выявил гидроморфизма в исследуемых почвах. Коэффициент оксидогенеза по М.А. Глазовской или отношение дитионит-растворимого железа к валовому $Fe_{дит} / Fe_{вал}$ в палеопочвах (0,38–0,45) немного ниже, чем в современных почвах (0,42–0,5) и является косвенным признаком меньшей активности почвенных микроорганизмов в аридных палеоэкологических условиях.

Меньшие величины магнитной восприимчивости и коэффициента оксидогенеза в палеопочвах свидетельствуют о меньшем количестве выпадавших осадков по сравнению с современным этапом. Это подтверждается меньшей глубиной сезонного промачивания атмосферными осадками (уровня сосредоточения белоглазки) и появления карбонатов в профиле (границы вскипания почвенной массы от HCl) палеопочв в сравнении с современными почвами. В современных почвах мощные прогумусированные корнеходы, вымытость карбонатов на большую глубину и сосредоточение белоглазки глубже по сравнению с палеопочвами свидетельствует об более гумидных условиях.

Гранулометрический состав почв Астахова легко- и среднесуглинистый (физглины 27–45%) с долей крупного песка до 10%. В разрезе 1 преобладают фракции от среднего песка до крупной пыли (0,25–0,01 мм), доля илистых частиц возрастает от 11–14% в гумусовых горизонтах до 15,2–18% в нижней части профиля. Разрез пахотной почвы 2 дифференцирован по грансоставу: гумусовые горизонты с преобладанием частиц 0,25–0,01 мм и очень низким содержанием ила (5–6,4%), срединно-нижние горизонты с преобладанием крупно- (0,05–0,01 мм) и мелко-пылеватых (0,005–0,001) частиц и увеличением содержания ила до 13–18%. Почвы Малой Каменки средне- и тяжелосуглинистого состава (физглины 40,4–52%) с преобладанием фракций от среднего песка до крупной пыли, с высоким содержанием ила 19,2–24%, доля крупного песка не более 3,1%.

Аналитически определено, что содержание органического вещества в гумусовых горизонтах палеопочвы 1 составляет 1,66%, чернозема пахотного – 2,25, палеопочвы 3 – 1,58%, современной фоновой почвы – 2,87%. В палеопочвах с момента погребения гумус не восполняется, а происходит его минерализация. Учитывая, что в исследуемых палеопочвах за 4000–5500 лет осталось 33–35% гумуса (зависимость минерализации органического вещества от времени погребения описана И.В. Ивановым [2]). Реконструированные содержания органического вещества $C_{орг}$ в почвах ранней и средней бронзы составляли 5,0 и 4,5%, что в пересчете на гумус соответствует среднегумусным почвам и является следствием предшествующих гумидных эпох. Современные почвы малогумусные и слабогумусированные

из-за дегумификации. Содержание CaCO_3 в гумусовых горизонтах почв было менее 1,7%, в карбонатно-аккумулятивных V_{Ca} преимущественно 9–14%, а в разрезе 2 до 24%.

По содержанию легкорастворимых солей (ЛРС) почва разреза 1 сильно засолена в верхних горизонтах (плотный остаток (ПО) 1,1%) из-за диагенетического поступления ЛРС из перекрывающей толщи (ПО=1,2%); при этом срединно-нижняя часть и материнская порода слабо засолены (ПО=0,38–0,5%). Палеочва 3 слабо засолена по профилю (ПО=0,31–0,5%). В составе ЛРС преобладают хлориды. Почва 2 не засолена (ПО≤0,06), ее материнская порода слабо засолена (ПО=0,38–0,44%), почва 4 не засолена по профилю (ПО≤0,11%).

В палеопочвах содержание обменного Na (0,54–1,84 м-экв/100 г) выше, чем в современных почвах (0,03–0,10 м-экв/100 г). Выявлена средняя солонцеватость верхних горизонтов палеопочв (доля $\text{Na}_{\text{обм}}$ в почвенно-поглощающем комплексе 5,5–7,5%) и отсутствие солонцеватости современных почв (0,2–0,61%). Почвообразующие породы Астахова среднесолонцеваты (5,4–6,0%). Палеопочва Малой Каменки сформирована на сильносолонцеватых (13,5%), современная фоновая на несолонцеватых (0,7% $\text{Na}_{\text{обм}}$) породах. Засоление и осолонцевание профиля, как признаки более аридных условий, отмечены в палео- и не выявлены в современных почвах. Подтиповая принадлежность почв сохранилась.

По результатам исследования, палеопочва 1 (ранней бронзы) имеет признаки аридной палеоклиматической фазы, свойства палеопочвы 3 (средней бронзы) соответствуют еще более аридному времени. Палеопочва 1 погребена 5500 л.н. после климатического оптимума голоцена, близко ко времени перехода к суббореалу, когда время климат был уже аридным и способствовал засолению почв и внедрению натрия в почвенно-поглощающий комплекс. Далее (4700(4600)–4200(4100) л.н.) существовал период гумидизации климата, установленный по предшествующим палеопочвенным исследованиям для территории соседнего субъекта (Краснодарского края) [4]. Палеопочва 3 погребена 4000 л.н. и попадает в период резкой аридизации климата, продлившийся до 1900 л.н. на территории Приазовья, согласно и схеме Песочинной [5]. Существование аридной фазы 4000 л.н. подтверждено в работе [4].

Результаты сравнительного изучения физико-химических и морфологических свойств хроноряда почв выявили существование аридной в эпоху ранней бронзы и резко аридной палеоклиматической фазы средней бронзы, которые (по данным предыдущих исследований в Краснодарском крае) были разделены периодом гумидизации климата. Полученные результаты подтверждаются данными спорово-пыльцевых спектров из верхних горизонтов, которые показали более ксерофитный характер растительности в эпоху бронзы [3].

Публикация подготовлена в рамках реализации гранта РНФ № 23-17-00232.

Список литературы

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
2. Иванов И.В., Песочина Л.С., Семенов В.М. Биоминерализация органического вещества в современных целинных, пахотных, погребенных и ископаемых черноземах // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1192–1202.
3. Нестерук Г.В., Дюжова К.В., Данильченко А.Ю., Щипанова А.Г., Ларина Э.В. Реконструкция палеоэкологических условий средней бронзы на основании исследования погребенных почв Каменского района Ростовской области // Аридные экосистемы. 2024. Т. 30. № 4(101). С. 60–69. <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2024-4-60-69>
4. Нестерук Г.В., Хохлова О.С., Ильина Л.П., Сверчкова А.Э., Сушко К.С. Палеоэкологические условия Кубано-Приазовской низменности в эпоху бронзы и раннего железного века на основе изучения погребенных почв // Почвоведение. 2021. № 11 С. 1306–1321.
5. Песочина Л.С. Развитие почв и природной среды Нижнего Дона во второй половине голоцена: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 24 с.

6. Таргульян В.О., Бронникова М.А. Память почв: теоретические основы концепции, современное состояние и перспективы развития // Почвоведение. 2019. № 3. С. 259–275.
7. Теория и методы химического анализа почв / отв. ред. Л.А. Воробьева. М.: Изд-во ГЕОС, 2006. 400 с.

Е.Ю. Новенко
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
lenanov@mail.ru

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КРИОЛИТОЗОНЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ВОЗМОЖНОЙ ДИНАМИКИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Проведено комплексное палеогеографическое исследование динамики ландшафтов и климата криолитозоны Средней Сибири в голоцене на трех модельных территориях (Плато Путорана, Игарка, Тура). Для разрезов пяти торфяных болот выполнены определения потерь при прокаливании и степени гумификации торфа, анализ ботанического состава торфа, спорово-пыльцевой и изотопно-геохимический анализы с высоким временным разрешением. На основе полученных данных реконструированы изменения растительности, температуры и осадков, выявлены периоды увеличения пожарной активности. Полученные данные показали, что в периоды потеплений увеличивались облесенность территории и частота пожаров, а во время похолоданий происходило изреживание лесов и снижение пожарной активности. Современный этап характеризуется резким увеличением пирогенной нагрузки, что связано как с климатическими изменениями, так и с антропогенным фактором.

Ключевые слова: палеоклимат, реконструкция растительности, спорово-пыльцевой анализ, палеосреда, частота лесных пожаров

Е.Yu. Novenko
Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
lenanov@mail.ru

LANDSCAPE AND CLIMATIC CHANGES IN THE CRYOLITHOZONE OF CENTRAL SIBERIA DURING THE HOLOCENE: A RETROSPECTIVE ANALYSIS AND PROJECTION OF POTENTIAL DYNAMICS IN A CHANGING CLIMATE

A comprehensive palaeogeographical study of landscape and climate dynamics in the permafrost zone of Central Siberia during the Holocene was conducted across three model territories: the Putorana Plateau, Igarka and Tura. Analyses were performed on sections of five peat bogs, including loss-on-ignition, peat humification degree, peat botanical composition, spore-pollen analysis and isotope-geochemical analysis, all with high temporal resolution. Based on the obtained data, changes in vegetation, temperature and precipitation were reconstructed and periods of increased fire activity were identified. The data revealed that forest cover and fire frequency increased during warming periods, while forest thinning and a decrease in fire activity occurred during cooling periods. The modern period is characterised by a sharp increase in pyrogenic pressure, associated with both climatic changes and human activity.

Keywords: palaeoclimate, vegetation reconstruction, spore-pollen analysis, palaeoenvironment, forest fire frequency

Ландшафтно-климатические реконструкции с высоким временным разрешением позволяют выявить основные закономерности в динамике природной среды спрогнозировать их возможное изменение в будущем. Это особенно актуально для экосистем криолитозоны, которые становятся крайне уязвимыми в условиях современных климатических изменений и антропогенного воздействия.

В статье представлено обобщение результатов комплексных палеогеографических исследований в криолитозоне Средней Сибири. Основная стратегия исследований заключается в изучении изменений лесных и болотных геосистем, динамики климата и пожарных режимов в голоцене с высоким временным разрешением на трех модельных территориях:

1. «Плато Путорана» (Таймырский Долгано-Ненецкий район Красноярского края, лесотундровые среднегорные ландшафты древнего лавового плоскогорья, северо-восточное побережье озера Лама).

2. «Игарка» (Туруханский район Красноярского края, экотон лесотундровых и северо-таежных ландшафтов низменных заливных равнин, правый берег долины р. Енисей).

3. «Тура» (Эвенкийский район Красноярского края, средне-таёжные ландшафты низкогорий на древних базальтовых лавах, среднее течение р. Нижняя Тунгуска и нижнее течение реки Кочечум).

Климат Средней Сибири резко континентальный, с крайне холодными зимами и теплым, иногда жарким летом. Средние температуры января колеблются от $-25,4^{\circ}\text{C}$ в Туруханске до $-36,9^{\circ}\text{C}$ в Якутске, средние температуры июля от $16,5^{\circ}\text{C}$ до $19,9^{\circ}\text{C}$ соответственно. Осадков выпадает от 125 до 500 мм в год. Повсеместное распространение мерзлоты вместе с сухостью климата определяют господство в Средней Сибири различных типов лиственных лесов, с востока на запад увеличивается обилие ели и кедра. Почвообразование находится под воздействием мерзлотных процессов, широко распространены подбуры, литозёмы, глеезёмы и торфяно-глеевые почвы в тундре и лесотундре.

В ходе полевых и аналитических исследований в 2020-2025 гг накоплен большой объем данных, которые послужили основой для реконструкций изменений условий окружающей среды и климата на модельных территориях. Для разрезов пяти торфяных болот выполнены определения потерь при прокаливании и степени гумификации торфа, анализ ботанического состава торфа, спорово-пыльцевой и изотопно-геохимический анализы. Интервал отбора образцов составил 2–4 см в зависимости от мощности торфяной колонки, что обеспечило высокое временное разрешение полученных данных. Анализ концентрации макроскопических (размер $>125\text{ }\mu\text{m}$) частиц угля в торфе проведен непрерывно с шагом отбора образцов 1 см для каждого разреза.

Хронологический контроль палеоэкологических реконструкций обеспечен детальным радиоуглеродным датированием. Определение абсолютного возраста образцов торфа и растительных остатков будет осуществляться в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН (пробоподготовка) и в Университете Джорджии, США (University of Georgia, USA, измерение концентрации ^{14}C). Для каждого разреза были построены модели роста отложений с использованием программного пакета Bacon в среде R. Калибровка радиоуглеродных дат проведена с использованием калибровочной кривой Intcal20.

В ходе исследования разработаны региональные калибровочные модели для ряда параметров: средней температуры января ($T_{\text{январь}}$, $^{\circ}\text{C}$), средней температуры июля ($T_{\text{июль}}$, $^{\circ}\text{C}$), среднегодовой температуры ($T_{\text{год}}$, $^{\circ}\text{C}$), среднегодового количества осадков ($P_{\text{год}}$, мм). Также получены реконструкции лесопокрытой площади в радиусах 50, 20, 10 и 5 км от точек отбора проб. В целях палеоклиматической реконструкции использованы методы: лучших аналогов (Modern Analogue Technique, MAT), взвешенного усреднения (weighted averaging, WA), взвешенного усреднения по частичным наименьшим квадратам (partial least squares, WAPLS) и случайного леса (Random Forest, RF). На основе обучающей выборки проведена перекрёстная проверка полученных моделей: методом бутстрепа для MAT, WA и WAPLS (999 циклов) и методом исключения k-групп ($k = 5$) для RF. Полученные модели были применены для ископаемых спорово-пыльцевых спектров и рассчитана статистическая значимость реконструкций (метод randomTF).

На модельной территории «Игарка» реконструкции изменений растительности, условий окружающей среды и климата в среднем и позднем голоцене (6200 кал. (калиброванных) л.н. – настоящее время) были выполнены по результатам комплексного исследования крупнобугристого болота Игарка и плоскобугристого болота Малая Гравийка (МГ), расположенных в различных ландшафтных условиях.

Полученные данные показали как сходные тенденции развития природной среды на двух участках, так и проявление ее внутриландшафтной дифференциации. Согласно результатам комплексного анализа торфа, потепления климата в периоды 6200-5360 кал. л.н. и 4700-3600 кал. л.н. послужили причиной продвижения среднетаежных лесов к северу. В районе исследований были распространены лиственничные леса с участием *Abies sibirica*, *Picea obovata* и *Pinus sibirica*. Лесистость составляла 0,6-0,8. Северная граница ареала *Abies sibirica* проходила на 200 км севернее, чем в настоящее время. Реконструкции среднегодовой температуры показала колебания теплообеспеченности и чередование интервалов, когда $T(\text{год})$ превышали современные на 2°C и интервалов, когда $T(\text{год})$ была близка к современным. Потепление климата, очевидно создавало благоприятные условия для развития пожаров. В периоды 5360-4700 и 3600-2500 кал. л.н. при похолодании климата и понижении $T(\text{год})$ на $1-1,5^{\circ}\text{C}$ ниже современных значений происходило формирование мозаичного растительного покрова, состоящего из редкостойных лиственничных и березово-лиственничных лесов с примесью ели и сосны сибирской и болотных массивов. Возрастание скорости аккумуляции угля в торфяных залежах и колебания в содержании пыльцы лесообразующих пород указывает на влияние пожаров на растительный покров. Реконструкции лесистости показали сокращение площади лесов до 0,4 на участке МГ и высокую облесенность (0,6-0,8) на участке Игарка.

После 2500 кал. л.н. проявились внутриландшафтные различия истории растительного покрова. В этот период на 1-й НПТ Енисея начала расселяться ель. В то же время на водоразделе формируются лиственничные леса с березой. Лесистость на моренной равнине достигала 0,8, на 1-й надпойменной террасе составляла 0,5-0,6. Значительные изменения растительности, начавшиеся почти синхронно на обоих участках 900-800 кал. л.н., проявились как сокращение доли лесной растительности и распространение ерниковых зарослей и болотных массивов. Существенное похолодание, установленное нами по изменению палеотемператур ($T(\text{год})$ на $1,5-2^{\circ}\text{C}$ ниже современных значений) позволяет связать эти изменения с началом Малого ледникового периода. Усиление интенсивности поступления минеральных частиц в торф, которое может быть обусловлено ростом водности ручья, и снижение гумификации торфа на участке МГ указывает на увеличение увлажнения климата. Результаты изучения макроскопических частиц угля в торфе показали, что пожарная активность на окружающей болото территории была низкой на протяжении всего изученного периода вплоть до последних 500 лет, за исключением периода около 1200-1000 кал. л.н. Увеличение поступления макрочастиц угля в конце XV-XVII веках н.э., очевидно, связаны с пожарами, обусловленными антропогенным фактором.

На модельной территории «Тура» палеоэкологические реконструкции с высоким временным разрешением для среднего и позднего голоцена (7800 кал. л.н. – настоящее время) основаны на результатах комплексного изучения торфяных залежей плоскобугристых болот Горное и Нижняя Тунгуска.

Согласно полученным данным, в среднем голоcene в периоды 7800-5875 кал. л.н. и 3900-3000 кал. л.н. изучаемая территория была занята березово-елово-лиственничными таежными лесами. Реконструкции теплообеспеченности выявили колебания среднегодовой температуры от значений $T(\text{год})$, близких к современным показателям до $T(\text{год})$, на 2°C их превышающие. В период 7800-5875 кал. л.н. мы выделили 10 пожарных эпизодов со средним межпожарным интервалом (МПИ) около 200 лет. Очевидно, потепление климата было благоприятно для возникновения пожароопасных условий. Реконструированные значения лесистости находятся в диапазоне от 0,4 до 0,8, что, очевидно, отражает ее сокращение после пожаров и последующее восстановление лесного полога.

Похолодания климата выявлены в периоды 5500-5100 кал. л.н. и 3000 – 1000 кал. л.н. среднегодовая температура опустилась до -10°C , что на 2°C ниже современных температур. Доля пыльцы древесных в спектрах существенно сокращается, лесистость опускается до 0,2. Также палиноспектрах увеличивается содержание карликовой березки и душекии, что

возможно, служит признаком формирования ерниковых зарослей на зарождающихся буграх пучения и торфяных плато. МПИ составлял 500-700 лет и выше.

В ландшафтно-климатических реконструкциях четко выделяются климатические фазы последнего тысячелетия: Средневековый климатический оптимум (СКО, 1000-700 кал. л.н.), Малый ледниковый период (МЛП, 700-300 кал. л.н.), современный этап (последние 300 лет). При потеплении СКО среднегодовые температуры возросли до $-5,8^{\circ}\text{C}$. Увеличилась доля ели и сосны сибирской, лесистость составляла 0,8. Увеличилось поступление макрочастиц угля в торфяную залежь, выявлено 3 пожарных эпизода с МПИ около 100 лет. МЛП характеризовался похолоданием до -9°C и снижением доли ели и сосны, практически до их исчезновения из лесных сообществ, одновременно возрастало участие березы и душейки. Лесистость сократилась до 0,4. Последние 300 лет характеризуются резким увеличением скорости аккумуляции макрочастиц угля (более чем в 5 раз превышающих средние значения за весь голоцен), сокращением лесистости и формированием современного растительного покрова.

Проведенные реконструкции для среднего и позднего голоцена, включающих периоды похолодания и потепления климата с амплитудой среднегодовых температур от $2-3^{\circ}\text{C}$ выше до 2°C ниже современных значений не выявили существенных смен видового состава лесных сообществ в бассейне Нижней Тунгуски. Изменения затрагивали пространственную мозаику растительных сообществ. Вероятно, в периоды похолоданий сомкнутые леса сохранялись в долине, в то время как столовые возвышенности были заняты лиственничными рединами и редколесьями.

На ключевом участке «Плато Путорана» в период 1270-980 кал. л.н. были распространены лиственничники, часто заболоченные, с примесью ели и березы. В настоящее время *Picea obovata* спорадически встречается на плато Путорана, и изучаемая территория находится севернее границы ее ареала. Значительное количество пыльцы ели (15-20%), обилие ее устьиц в пыльцевых препаратах и коры в макроостатках свидетельствует о продвижении области ее распространения к северу, очевидно, в результате потепления климата СКО. Среднегодовая температура в этот период была близка к современным или на 1°C выше современных значений. Лесистость в нижнем поясе гор составляла 0,4. Высокое содержание микрочастиц угля в пыльцевых препаратах, присутствие пыльцы *Onagraceae* и спор грибов *Gelasinospora* также являются индикаторами высокой пожарной активности в этот период. МПИ не превышал 50 лет.

В течение временного интервала 950-50 кал. л.н. участие пыльцы деревьев (*Larix*, *Picea*) и их макроостатков резко сократилось, в то же время как доля пыльцы *Betula nana* и *Duschekia fruticosa* и спор *Selaginella selaginoides* заметно возросла. Изучаемая территория была занята комплексным растительным покровом, включающим разреженные лиственничники и безлесные участки. Лесистость не превышала 0,1. Климат, очевидно, стал более холодным и влажным, о чем свидетельствуют результаты изучения свойств торфяной залежи и сообществ раковинных амёб. Среднегодовые температуры опустились до -12°C , что на 3°C ниже современных значений. Мы сопоставляем начало этого периода с наступлением МЛП. Похолодание климата привело к сокращению числа пожаров. Для всего временного интервала выделено 2 локальных пирогенных эпизода. В течение последних 50 лет в экосистеме болота Герви произошли существенные изменения, увеличилось обилие сфагновых мхов и болото перешло в мезотрофную стадию. Этот этап характеризуется существенным увеличением скоростей аккумуляции частиц угля (до 70 частиц на см^2 в год), что, вероятно, обусловлено как современными климатическими изменениями, так и влиянием антропогенного фактора, связанного с рекреационным освоением изучаемой территории в последние десятилетия.

Сопоставление палеогеографических реконструкций по трем ключевым участкам для криолитозоны Среднесибирского плоскогорья показали, что на этапах потепления климата: термический максимум голоцена (8000-5700 (5500) кал. л.н.), конец суббореального периода голоцена (3600-2700 кал. л.н.) и Средневековый климатический оптимум (1270-980 кал. л.н.)

облесенность территории возрастала, увеличивалось участие бореальных элементов во флоре, а также возрастала частота лесных пожаров. В периоды похолодания и увлажнения климата - начало неогляциала (около 5700 кал. л.н.), похолодание субатлантического периода (общее похолодание Северного полушария около 2600 кал. л.н.) и Малого ледникового периода (700-150 кал. л.н.) происходило изреживание лесного полога, усиливалась роль представителей тундровых сообществ и значительно снижалась пожарная активность. Заключительные выделенные стадии ландшафтно-климатических изменений (последние ~150-100 лет) характеризуются активным болотообразованием и резким увеличением скоростей аккумуляции частиц угля. Эти изменения, вероятно, отражают современные процессы динамики климата и усиления антропогенной нагрузки в пределах ключевых участков, что согласуется с историей освоения Среднесибирского плоскогорья.

При потеплении климата текущего столетия согласно существующим сценариям сохраняться условия, благоприятные для вечнозеленых хвойных пород деревьев (ель, сосна сибирская). Облесенность территории будет возрастать. Вероятно, к концу столетия произойдет смещение растительных зон к северу и расселение пихты и сосны обыкновенной в районе Игарки и продвижение ареала ели дальше к северо-востоку на плато Путорана. При этом ель и пихта будет находиться на пределе своих экологических требований и будут наиболее уязвимы к внешним воздействиям.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

М.Б. Носова¹, Н.Г. Лавренов¹, Е.Э. Северова², А.Л. Захаров³, Н.Е. Зарецкая³, Л.В. Шашерина³, Э.П. Зазовская³, С.М. Ваганова², Е.А. Константинов³

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³Институт географии РАН, г. Москва, Россия

mashanosova@mail.ru

КРАЕВАЯ ЗОНА ВАЛДАЙСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ В ГОЛОЦЕНЕ. ЛАНДШАФТ, КЛИМАТ, ЧЕЛОВЕК

В статье рассмотрена динамика растительности голоцена в пределах краевой зоны поздневалдайского оледенения. Данные, полученные из донных отложений трех озер в пределах Смоленской, Тверской и Новгородской областей, показывают сходные этапы формирования растительного покрова под действием климата, формирующие хронологический градиент с юго-запада на северо-восток. Местные особенности диаграмм обусловлены разным положением изученных разрезов в пределах зоны подтайги, а также эдафическим и антропогенным факторами.

Ключевые слова: палинология, озерные отложения, голоцен, Валдайское оледенение

M.B. Nosova¹, N.G. Lavrenov¹, E.E. Severova², A.L. Zakharov³, N.E. Zaretskaya³, L.V. Shasherina³, N.G. Mazey², D.A. Kupriyanov³, E.P. Zazovskaya³, E.A. Konstantinov³

¹Main Botanical Garden named after. N.V. Tsitsin RAS, Moscow, Russia

²Moscow State University. M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

³Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

mashanosova@mail.ru

MARGINAL ZONE OF THE VALDAI GLACIATION IN THE HOLOCENE. LANDSCAPE, CLIMATE, HUMANS

The article examines the Holocene vegetation dynamics within the marginal zone of the Late Valdai glaciation. Data obtained from the bottom sediments of three lakes within the Smolensk, Tver and Novgorod regions show similar stages of vegetation formation under the influence of climate, forming a chronological gradient from the southwest to the northeast. Local features of the diagrams are due to the different positions of the studied sections within the subtaiga zone, as well as edaphic and anthropogenic factors.

Keywords: palynology, lake sediments, Holocene, Late Valdai glaciation

Нами исследовано три разреза озерных отложений в краевой зоне валдайского оледенения, которая в пределах Европейской части России протянулась с юго-запада (Смоленская область) на северо-восток (до Архангельской области). Проект включает три объекта в краевой зоне оледенения в различных ее секторах:

1) Озеро Каспля расположено в Смоленском районе Смоленской области. Площадь озера составляет 3,2 км², максимальная глубина — до 3,5 м. Озеро вытянуто в юго-восточно-северо-западном направлении, из него вытекает р. Каспля, впадающая в Западную Двину. Озеро имеет ледниковое ложбинное происхождение [5, 6]. Четвертичные отложения представлены, в основном, моренами максимальной стадии поздневалдайского оледенения, в южной части озера также представлены флювиогляциальные отложения. Скважина Kas-17 имеет координаты 54.964167 N, 31.5975 E, 160,4 м н.у.м. Максимальный возраст отложений составил 13900 кал. л.н.

2) озеро Петровское (озерная система оз. Ручейского) – малое озеро, диаметром около 200 м и максимальной глубиной до 6 м, непроточное, расположено в северной части Торопецкого района Тверской области. Сложная котловина озерной системы имеет

гляциокарстовое происхождение и окружена мощными флювиогляциальными песками, покрывающими моренные холмы со значительными перепадами высот. Скважина Petr-22 имеет координаты 56.72481 N, 31.57739 E; 181 м н.у.м. и максимальный возраст 11200 кал. л.н.

3) озеро Глухое (озерная система оз. Валдай, 57.995458 N, 33.294015 E, 193 м н.у.м.), расположенное на острове Муравьиный, который, в свою очередь, находится в пределах озера Валдай (Валдайский район Новгородской области). Максимальный возраст отложений составил 11400 кал. л.н.

Все три территории расположены в зоне подтайги, в разных ее секторах.

Все керны озерных отложений были отобраны в марте 2022 года со льда буром Ливингстона и разделены в лаборатории на образцы с различными интервалами с целью получения палинологических данных высокого разрешения.

В этих и сопредельных регионах история растительности голоцена была изучена: в верховьях Западной Двины на юге Псковской области [14], в Тверской области [8, 9, 10, 11, 13], и восточнее, на территории Республики Беларусь [1, 2, 15], в Новгородской области [4, 7]. Постепенно накапливающиеся данные высокого разрешения создают базу для качественных корреляций на региональном уровне.

Корреляция изученных трех спорово-пыльцевых разрезов (рис. 1) показала, что в течение голоцена тренды сходные, однако хронология событий имеет заметный градиент с юго-запада на северо-восток:

Нижний максимум *Picea* в Смоленском Поозерье заканчивается около 12300 кал. л.н., тогда как в Торопецком и Валдайском – нижние слои залежи, относящиеся к началу голоцена, содержат, по-видимому, более позднее окончание максимума. Восстановление еловых лесов происходит, напротив, с востока (или северо-востока) в западном направлении: на Валдае ель вновь увеличивает участие уже 9000 кал. л.н., в Торопецком Поозерье – 6000 кал. л.н. и в Смоленском – после 5000 кал. л.н.

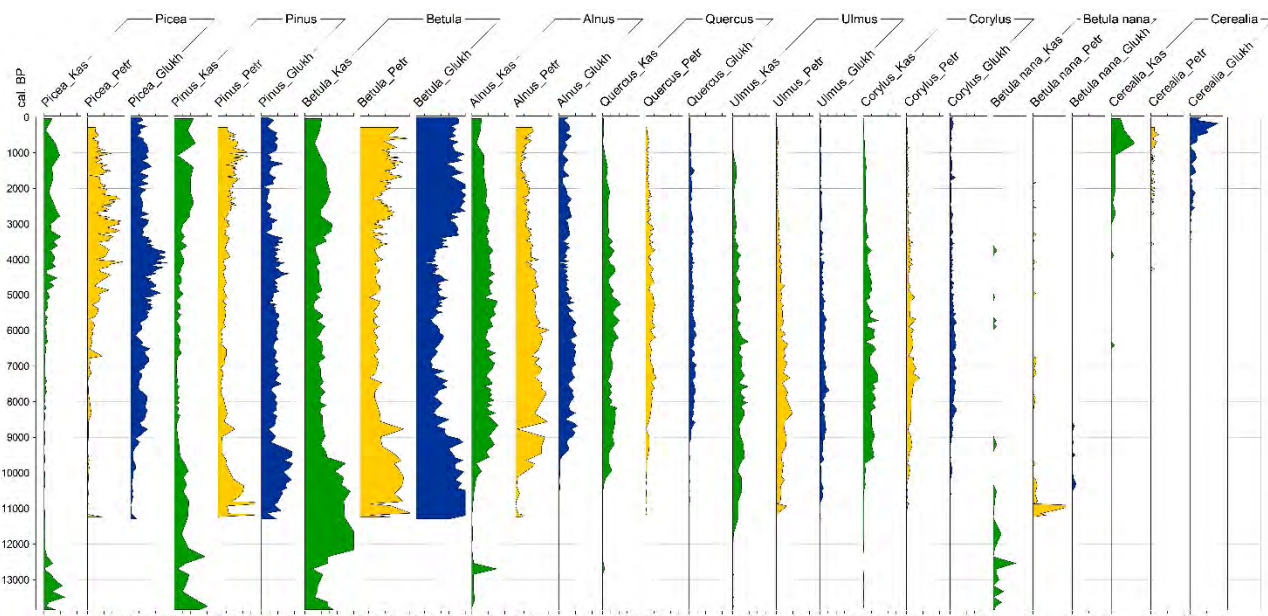


Рис. 1. Корреляция отдельных избранных таксонов для трех разрезов озерных отложений. Зеленый – озеро Каспля, желтый – озеро Петровское, синий – озеро Глухое

В период 9500-9000 кал. л.н. (как правило, 9400) происходит резкое снижение участия *Betula* и *Pinus* и старт непрерывных кривых ольхи и дуба. В Валдайском Поозерье это происходит позже примерно на 500 лет.

Увеличение роли широколиственных имеет явно выраженный временной градиент с юго-запада на северо-восток. Раньше всех происходит экспансия *Ulmus*, затем *Quercus* и

Tilia, затем *Fraxinus* и *Acer*. То же касается и *Corylus*. *Betula pana* в раннем голоцене, напротив, раньше уходит на юго-западе, и позже – в более бореальных условиях Валдая.

В целом, можно отметить следующие, связанные с климатическими или эдафическими особенностями, особенности изменения растительности в голоцене.

На Валдае, на границе подтайги и южной тайги, менее выражены широколиственные и больше – сосна и береза, которые следуют тем же трендам, но в других процентных показателях.

В сложенных флювиогляциальными песками ложбинах ледникового стока на Каспьянском и Торопецком участках выражена более яркая реакция сосны на постоптимальное похолодание и антропогенное воздействие, тогда как на Валдае участие березы больше в течение всего голоцена, и она заметнее реагирует на позднеголоценовые изменения условий.

В западном секторе подтайги – раньше появляются первые признаки культурных злаков, но закрепление земледелия и стабильное отражение его в спектрах происходит примерно в одно время во всех трех разрезах: с начала железного века, около 2800 кал. л.н. Максимум, который можно наблюдать в верхней части диаграмм, относится к древнерусскому периоду и позднее. В противофазе увеличению антропогенных индикаторов происходит «бореализация» лесной растительности на всех трех изученных территориях. Повидимому, это общая черта динамики растительности голоцена в современной зоне подтайги.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 24-24-00201).

Список литературы

1. Еловичева Я.К., Якушко О.Ф., Крутоус Э.А., Литвинюк Г.И., Zubovich С.Ф., Калечиц Е.Г., Санько А.Ф., Мотузко А.Н., Власов Б.П., Иванов Д.Л., Михайлов Н.Д., Оношко М.П., Ратников В.Ю. Голоцен Беларуси. Минск, 2004. 241 с.
2. Зерницкая В.П., Новенко Е.Ю., Станчикайте М., Власов Б.П. Изменения окружающей среды в позднеледниковье и голоцене на юго-востоке Беларуси // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2019. Т. 63. № 5. С. 584–596.
3. Климанов В.А., Кожаринов А.В., Тишков А.А. Палеогеоэкологические реконструкции динамики растительности и климата Валдайского поозерья в позднеледниковье в голоцене // Тр. Национального парка “Валдайский”: юбил. сб. к 20-летию Валдайского национального парка. Вып. 1. СПб., 2010. С. 254–261.
4. Константинов Е.А., Самусь А.В. Опорный разрез верхового болота Валдая как источник палеоэкологической и палеоклиматической информации // Доклады российской академии наук. 2023. Т. 509. № 1. С. 105–113.
5. Кремень А.С. К вопросу о развитии и возрасте некоторых озер Смоленского Поозерья // Краевые образования материковых оледенений. М., Наука, 1972. С. 290–296.
6. Шкаликов М.А., Ерашов М.А., Борисовская И.А. Особо охраняемые природные территории Смоленской области. Смоленск: Универсум, 2005. 464 с.
7. Fedorov G., Savelieva L., Bobrov N, et al. Late glacial and Holocene climate and landscape dynamics in the Valdai Highlands (East European Plain) inferred from lake sediment records. Quaternary Research. Published online 2025:1-17. <https://doi.org/10.1017/qua.2025.10020>
8. Mazei Y., Tsyganov A., Bobrovsky M. Ludikova A., Kostromina N., Cherezova A., Petrov A., Bazhenova E., Andreev A. Peatland development, vegetation history, climate change and human activity in Valdai uplands (central European Russia) during the Holocene: A multi-proxy palaeoecological study // Diversity. 2020. Vol. 12. Iss. 12. P. 462.
9. Nosova M., Mazei N., Zakharov A., Zazovskaya E. Kosilovo mire (Toropets district, Tver region, north-western Russia) // Grana. 2024. Vol. 63. Iss. 5–6. P. 398–401.

10. *Nosova M., Zakharov A., Lavrenov N., Zaretskaya N., Mazei N., Kupriyanov D., Pastukhova Yu., Bakumenko V., Severova E., Konstantinov E.* A multi-proxy centennial-resolution paleoecological record of Holocene lake sediments in the marginal zone of Last Scandinavian Glaciation (Tver Region, Russia) // *Quat. Int.* 2025. Vol. 729. Iss. 11. P. 109778. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2025.109778>
11. *Novenko E., Volkova E., Nosova M., Zuganova I.* Late Glacial and Holocene landscape dynamics in the southern taiga zone of East European Plain according to pollen and macrofossil records from the Central Forest State Reserve (Valdai Hills, Russia) // *Quat. Int.* 2009. Vol. 207. № 1–2. P. 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.12.006>
12. *Samus A., Konstantinov E.* Vegetation dynamics in the Rostov lowland (Yaroslavl oblast) during the Late Glacial and Holocene based on a new pollen data // *Limnology and Freshwater Biology*. 2022. C. 1565–1567.
13. *Sapelko T., Kalińska E., Kuznetsov D., Naumenko M., Galka M.* Holocene history of the lake and forest island ecosystem at and around Lake Seliger, Valdai Hills (East European Plain, Russia) // *International Journal of Earth Sciences*. 2022. Vol. 111. Iss. 6. P. 1947–1960.
14. *Tarasov P., Savelieva L., Long T., Leipe C.* Postglacial vegetation and climate history and traces of early human impact and agriculture in the present-day cool mixed forest zone of European Russia // *Quaternary International*. 2019. Vol. 516. P. 21–41.
15. *Zernitskaya V., Stančikaitė M., Vlasov B., Seiriene V., Kisieliene D., Kluczynska G., Skipitytė R.* Vegetation pattern and sedimentation changes in the context of the Lateglacial climatic events: Case study of Staroje Lake (Eastern Belarus) // *Quat. Int.* 2015. Vol. 386. P. 70–82.

М.Б. Носова^{1,3}, Е.Э. Северова², Н.Е. Зарецкая³, С.М. Ваганова²¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва, Россия²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия³Институт географии РАН, г. Москва, Россияmashanosova@mail.ru**ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВАЛДАЙСКОГО ПООЗЕРЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ**

В статье рассмотрены результаты изучения донных отложений озера Глухое в Валдайском Поозерье методом спорово-пыльцевого анализа. Начало формирования отложений совпадает с началом голоцена (11400 кал. л.н.). Характерные для зоны хвойно-широколиственных лесов особенности развития растительности здесь дополнены южнотаежными чертами – ранним (9000 кал. л.н.) возвращением ели в состав растительности, более скромным участием в спектрах широколиственных пород. Положение малого озера в обширной пойме озера Валдай обусловило преобладание березы в спектрах не только в раннем голоцене, но и начиная с 3000 кал. л.н.

Ключевые слова: Валдай, поздневалдайское оледенение, пыльца, палинология, голоцен

M.B. Nosova^{1,3}, E.E. Severova², N.E. Zaretskaya³, S.M. Vaganova²¹Main Botanical Garden named after. N.V. Tsitsin RAS, Moscow, Russia²Moscow State University. M.V. Lomonosov, Moscow, Russia³Institute of Geography RAS, Moscow, Russiamashanosova@mail.ru**HISTORY OF VEGETATION OF THE VALDAI LAKE REGION IN THE HOLOCENE**

The article discusses the results of investigation the sediments of Lake Glukhoe in the Valdai Lake Region using the palynological method. The sedimentation started in the beginning of the Holocene (11,400 cal. yrs BP). The features of Holocene vegetation dynamics typical for the coniferous-broadleaved forest zone are combined with several south taiga features - the early (9,000 cal. yrs BP) return of spruce to the vegetation composition, a less participation in the spectra of broad-leaved pollen taxa. The location of the small lake in the vast floodplain of Lake Valdai determined the predominance of birch in the spectra not only in the early Holocene, but also starting from 3,000 cal. yrs BP.

Keywords: Valdai, Late Valdai glaciation, pollen, palynology, Holocene

Краевая зона последнего валдайского оледенения характеризуется специфическими ландшафтными особенностями и интересна с точки зрения изучения формирования растительности на этих территориях при переходе от плейстоцена к голоцену и позднее. Этот важный для палеогеографических исследований пояс в пределах Европейской части России протянулся с юго-запада (Смоленская область) на северо-восток (до Архангельской области). Несмотря на постоянное внимание к нему исследователей [2, 6, 7, 8], в настоящее время здесь все еще недостаточно на современном уровне изученных палеоархивов, отражающих весь голоцен. В рамках проекта, включающего три объекта в краевой зоне оледенения в различных ее секторах, нами изучено малое озеро Глухое (57,980690 с.ш., 33,246406 в.д.), расположенное на острове Муравьиный, который, в свою очередь, находится в пределах озера Валдай. Объект изолирован от основной чаши озера, не проточный и, как мы полагаем, хорошо отражает динамику растительности котловины озера Валдай.

Керны озерных отложений были отобраны в марте 2022 года со льда буром Ливингстона и в лаборатории разделены на образцы с интервалом 5 и 10 см. Получены 7 радиоуглеродных дат в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центре прикладных изотопных исследований

Университета Джорджии (США), нижняя из которых после калибровки (IntCal20) показала медианное значение 11383 кал. л.н. Верхняя часть отложений представлена рыхлым органическим илом и, по-видимому, частично не попала в керн.

Реконструкция растительности опиралась на спорово-пыльцевой анализ. Лабораторную подготовку осуществляли стандартными методами [4], подсчет производили до 300 пыльцевых зерен древесных таксонов при увеличении $\times 400$.

Начало формирования озерных отложений относится к границе плейстоцена и голоцена (нижняя дата 11400 кал. л.н.). В это время на фоне преобладания лесов из сосны и березы наблюдается финал нижнего максимума ели и снижение участия тундро-степных сообществ. Преобладающим элементом растительности в это время были сосново-березовые и березовые леса с травяно-папоротниковым покровом. Встречаются единичные пыльцевые зерна широколиственных пород (*Ulmus* и *Fraxinus*), *Salix* и пыльца водных растений.

Переход к следующему этапу происходит около 10750 кал. л.н., когда снижается участие березы, трав и папоротников синхронно с появлением пыльцы широколиственных пород. В это время березовые и сосново-березовые леса начинают уступать место хвойно-широколиственным лесам, появляется *Alnus* и увеличивает участие *Pinus*. Участие травянистых таксонов все еще несколько выше значений среднего и начала позднего (доантропогенного периода) голоцена, но продолжает снижаться.

Следующий короткий период 9200–8600 кал. л.н. отражает бореальное потепление с быстрым прогрессом широколиственных пород и ольхи, по-видимому, замещающей березу в озерных поймах. В это же время в состав растительности возвращается и начинает наращивать участие ель, причем здесь это происходит на 2–3 тысячелетия раньше, чем в разрезах Смоленского и Тверского Поозерий в двух-трех сотнях километров юго-западнее Валдая (Nosova et al., 2025; Носова и др., в печати). Наступает фаза максимального развития лесов, которая продолжается потом в течение всего оптимума и постоптимального периода голоцена.

В период 8600–5000 кал. л.н. на территории преобладают широколиственно-хвойные леса и их сукцессионные серии, преимущественно, смешанные леса с участием березы. Сосны относительно немного. В озерных поймах формируются ольшаники и березняки. По-видимому, именно ольху сопровождает появляющаяся синхронно с ней пыльца *Humulus*.

Максимум ели продолжается вплоть до 3400 кал. л.н., когда впервые появляется пыльцевое зерно *Cerealia* и происходит перелом – доминирующую роль ели и сосны замещает береза. При этом изменяется породный состав растительности, но ландшафт остается максимально лесным.

После 3400 кал. л.н. и до 1700 кал. л.н. присутствие культурных злаков и других антропогенных индикаторов становится постоянным и сопровождается максимальным развитием березовых лесов. Открытость ландшафтов по-прежнему низкая (возможно, она несколько повышается, но высокая пыльцевая продуктивность березы не позволяет нам это увидеть). Увеличивается также роль ольшаников.

Последний выделенный этап (1700–0? кал.л.н.) характеризуется некоторым увеличением роли хвойных и снижением березы, а также дальнейшим снижением участия широколиственных пород. В этой фазе увеличивается и на всем протяжении продолжает расти доля открытых пространств, синхронно с увеличением роли антропогенных индикаторов в спектрах. Очевидно, ландшафт становится полуоткрытым, причем наблюдаются два этапа сельскохозяйственной экспансии, характерных для Центра Европейской части России – в древнерусское время, 1200–1000 кал. л.н. и Новое время – после 500 кал. л.н.

Таким образом, в разрезе Глухое мы наблюдаем как черты, характерные для зоны подтайги Центра и Северо-Запада Европейской части России, так и особенности, указывающие на особое положение этого разреза: тяготение к южнотаежному варианту развития растительности – ранняя и ярко выраженная реэкспансия ели около 8000–9000 кал. л.н.; преобладание в качестве вторичной породы березы, а не сосны, как во

флювиогляциальных ландшафтах, например, Торопецкого Поозерья [5]; раннее появление стабильного, но мелкомасштабного антропогенного воздействия около 3400 кал. л.н., вероятно, характерное для пойм крупных озер.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 24–24–00201).

Список литературы

1. Константинов Е.А., Самусь А.В. Опорный разрез верхового болота Валдая как источник палеоэкологической и палеоклиматической информации // Доклады российской академии наук. 2023. Т. 509. № 1. С. 105–113.
2. Davydova N., Subetto D., Khomutova V., Sapelko T. Late Pleistocene-Holocene paleolimnology of three north-western Russian lakes // Journal of Paleolimnology. 2001. Vol. 26. № 1. С. 37–51.
3. Fedorov G., Savelieva L., Bobrov N., Ludikova A., Kostromina N., Cherezova A., Petrov A., Bazhenova E., Andreev A. Late glacial and Holocene climate and landscape dynamics in the Valdai Highlands (East European Plain) inferred from lake sediment records // Quaternary Research. 2025. P. 1-17. <https://doi.org/10.1017/qua.2025.10020>
4. Moore P., Webb J., Collinson M. Pollen Analysis. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991.
5. Nosova M., Zakharov A., Lavrenov N., Zaretskaya N., Mazei N., Kupriyanov D., Konstantinov E. A multi-proxy centennial-resolution paleoecological record of Holocene lake sediments in the marginal zone of Last Scandinavian Glaciation (Tver Region, Russia) // Quaternary International. 2025. Vol. 729. Iss. 11. P. 109778. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2025.109778>
6. Samus A., Konstantinov E. Vegetation dynamics in the Rostov lowland (Yaroslavl oblast) during the Late Glacial and Holocene based on a new pollen data // Limnology and Freshwater Biology. 2022. P. 1565–1567.
7. Sapelko T., Kalińska E., Kuznetsov D., Naumenko M., Gałka M. Holocene history of the lake and forest island ecosystem at and around Lake Seliger, Valdai Hills (East European Plain, Russia) // International Journal of Earth Sciences. 2022. Vol. 111. № 6. P. 1947–1960.
8. Tarasov P., Savelieva L., Long T., Leiße C. Postglacial vegetation and climate history and traces of early human impact and agriculture in the present-day cool mixed forest zone of European Russia // Quaternary International. 2019. Vol. 516. P. 21–41.

УДК: 551.89 (268.55)

Е.А. Овсепян¹, Е.В. Дорохова^{1,2}, Я.С. Овсепян³, Р.А. Алиев⁴, Я.К. Джин⁵

¹*Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, г. Москва, Россия*

²*Балтийский Федеральный Университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия*

³*Геологический институт РАН, г. Москва, Россия*

⁴*Национальный Исследовательский Университет «Высшая Школа Экономики», г. Москва, Россия*

⁵*Корейский институт полярных исследований, г. Инчхон, Республика Корея*

eovsepyan@ocean.ru

МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕНОСА ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЕ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ И ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Анализы гранулометрического и элементного состава проведены в образцах донных осадков миниколонок, поднятых в северо-восточной части Восточно-Сибирского моря. На основании результатов гранулометрических анализов реконструированы способы транспортировки осадочного материала в районе исследования. К ним относятся перенос материала морским льдом разного происхождения (внутриводный и донный) и придонными течениями/нефеллоидными потоками. Определены доминирующие механизмы транспортировки вещества на шельфе и континентальном склоне. На основании элементного анализа сделаны выводы об основных источниках осадочного материала в северо-восточной части Восточно-Сибирского моря.

Ключевые слова: седиментация, конечные элементы, морской лед, придонные течения, ледовый комплекс, скорости осадконакопления

E.A. Ovsepyan¹, E.V. Dorokhova^{1,2}, Ya.S. Ovsepyan³, R.A. Aliev⁴, J.-K. Jin⁵

¹*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia*

²*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

³*Geological Institute RAS, Moscow, Russia*

⁴*HSE University, Faculty of Geography and Geoinformation Technology, Moscow, Russia*

⁵*Korea Polar Research Institute, Incheon, Republic of Korea*

eovsepyan@ocean.ru

MECHANISMS OF SEDIMENT TRANSPORT IN THE EAST SIBERIAN SEA DURING THE LATE HOLOCENE BASED ON GRAIN-SIZE AND GEOCHEMICAL DATA

Grain-size and geochemical analyses were carried out in the sediment samples from the minicores collected from the northeastern East Siberian Sea. Pathways of sediment transport and its relationship were reconstructed based on the grain-size data. The reconstructed mechanisms include rafting of sea ice of different origin (frazil ice and anchor ice) and sediment transport by bottom currents and/or nepheloid flows. The prevailing transport mechanisms were determined for the shelf and adjacent continental slope. Elemental analysis allows us to reconstruct major sediment sources for the study area.

Keywords: sedimentation, end members, sea ice, bottom currents, ice complex, sedimentation rates

Арктические окраинные моря служат важнейшими районами трансформации осадочного вещества на пути от суши к открытому океану. Часть поступающего материала осажается на дно практически сразу после разгрузки, в то время как его оставшаяся доля распространяется внутри и за пределами бассейнов посредством ряда механизмов. Согласно предыдущим исследованиям, к основным способам перераспределения осадочного материала в Арктике относятся перенос морским льдом [6, 7, 13, 15], транспортировка морскими и океанскими течениями [3, 6, 16], а также ветрами [6, 17]. Хотя сами механизмы

переноса материала достаточно хорошо известны, роль каждого из них в осадконакоплении в отдельных окраинных морях остается малоизученной.

В Восточно-Сибирском море (ВСМ) донные осадки сложены, главным образом, тонкозернистым терригенным материалом [1, 6], подавляющая часть которого поступает с речным стоком [2, 8, 17] и в результате термоабразии берегов [1, 6]. Целью данной работы является расшифровка механизмов дальнейшего переноса и накопления осадочного материала в пределах акватории ВСМ и на прилегающем континентальном склоне на основании гранулометрических и геохимических данных.

Анализы гранулометрического и геохимического состава донных осадков ВСМ были проведены в пробах, поднятых мультикорером на 16-ти станциях в северо-восточной части бассейна в 2018 и 2019 гг. в ходе международных экспедиций на корейском ледоколе «Араон» [9, 10]. Сразу после отбора пробы были заморожены и хранились на борту судна при температуре -20°C . После экспедиции образцы были высушены в лиофильной сушке в лаборатории ИО РАН. Гранулометрический состав осадка был определен с помощью лазерного дифракционного анализатора размеров частиц SALD 2300 (Shimadzu, Япония). Перед анализом органическое вещество было удалено из проб перекисью водорода. Разделение полученных непрерывных функций гранулометрических распределений на отдельные компоненты, которые отражают генезис и механизмы переноса частиц [14; 19; 21], было выполнено методом моделирования конечных элементов (КЭ, end-member modeling). Элементный состав осадка определялся рентгенофлуоресцентным методом (XRF) с помощью анализатора Olympus Vanta C handheld XRF analyser с шагом 1 см. Анализ был проведен по высушенным растертым образцам, упакованным в стандартные пластиковые контейнеры и покрытым пленкой Mylar толщиной 6 мкм. Значения интенсивностей определённых химических элементов были нормализованы путем центрированного логарифмического преобразования (clr-transformation) для снятия эффекта постоянной суммы. Затем по полученной матрице был проведен анализ главных компонент. Скорости седиментации были определены на основании изменений активности радионуклидов (^{210}Pb , ^{137}Cs) в сухих образцах (3-50 г).

Согласно кривым распределения радионуклидов, возраст всех изученных миниколонок относится к позднему голоцену. Скорости осадконакопления варьируют в диапазоне 1-1.3 мм/г.

Моделированный симметричный КЭ1 гранулометрических распределений с модой в области мелкого силта (3 мкм) и высоким содержанием глины (40 %) отражает длительный перенос тонкозернистого материала морским льдом, образовавшимся в толще воды (frazil ice). Согласно предыдущим исследованиям [7, 13], такой лед формируется зимой в районе полыней над изобатами 20-30 м, когда сильные штормы взмучивают тонкозернистый донный осадок, поставляя в переохлаждённый поверхностный слой тонкие частицы, служащие центрами кристаллизации. Включенные таким способом в лед частицы переносятся в высокую Арктику и осаждаются на дно при таянии льда. Такая интерпретация КЭ1 подтверждается результатами измерений гранулометрического состава поверхностных донных осадков в Центральной Арктике, где главная мода гранулометрических распределений составила 2-3 мкм [4].

Более крупнозернистый симметричный КЭ2 с главной модой 7 мкм и слабовыраженной второй модой 20 мкм, скорее всего, является результатом переноса популяции частиц данной размерности течениями у дна или в составе нефелоидного слоя над дном. Прямые измерения гранулометрического состава в нефелоидном слое в Арктике и некоторых окраинных морях свидетельствуют о том, что размер переносимых в нефелоидном слое частиц обычно варьирует в диапазоне 2-10 мкм [11; 12; 20], тем самым подтверждая интерпретацию КЭ2.

Бимодальный плохосортированный КЭ3 с главной модой 30 мкм и второстепенной модой в области 4 мкм интерпретируется как результат переноса материала донным льдом. Такой тип льда формируется на дне на глубинах <20 м [5], когда кристаллы внутриводного

льда намерзают на крупных частицах на дне и/или в результате кристаллизации льда сразу на дне при ветровом перемешивании переохлажденной воды. Донный лед также широко распространен в областях развития подводной мерзлоты [5]. В результате постепенного нарастания при достижении критической массы лед всплывает вместе с вмороженными частицами донного осадка разной размерности и дрейфует на поверхности моря, перенося материал в другие области бассейна. Поскольку донный лед характеризуется обилием частиц в диапазоне от 30-60 до 250 мкм [5], обилие сортируемого силта (фракция 10-63 мкм), а также присутствие песка в образцах с преобладанием КЭЗ позволяет предполагать, что КЭЗ отражает перенос осадочного материала донным льдом.

Элементный анализ показал, что донные осадки района исследования сложены преимущественно терригенным материалом. Результаты анализа главных компонент продемонстрировали, что КЭ2 и 3 имеют терригенное происхождение в то время как КЭ1 не коррелирует явно с каким-либо элементом. Форма и моды гранулометрического распределения КЭЗ напоминают кривую распределения минеральных частиц в образцах ледовых комплексов [18], обнажающихся вдоль побережья. Вероятно, именно эти ледовые комплексы являются источником КЭЗ. Элементный состав не позволяет определить точное происхождение терригенного материала для КЭ2 (перенос в нефелоидном слое или придонными течениями), однако, согласно предыдущим исследованиям, взвешенное вещество может поступать с речным стоком, в результате разрушения ледовых комплексов, а также с опресненными водными массами, проникающими в ВСМ из моря Лаптевых.

Анализ вкладов КЭ вдоль субмеридионального профиля показал, что на шельфе доминируют процессы переноса материала донным льдом и придонными течениями (транспортировкой внутри нефелоидного слоя), в то время как на континентальном склоне преобладает перенос материала морским льдом, образовавшимся внутри водной толщи. Кроме того, полученные данные указывают на существенную роль придонных течений в переносе вещества на всех изученных станциях.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИО РАН № FMWE-2024-0020.

Список литературы

1. Кошелева В.А., Яшин Д.С. Донные осадки Арктических морей России. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. 286 с.
2. Рябчук Д.В., Прищепенко Д.В., Ковалева О.А., Жамойда В.А., Григорьев А.Г., Сергеев А.Ю., Буданов Л.М., Нестерова Е.Н., Дронь О.В. Литология поверхностных отложений Восточно-Сибирского моря по результатам геологического картирования акваториальной части листов R-56–60 // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2020. № 7.
3. Astakhov A., Sattarova V., Xuefa S., Limin H., Aksentov K., Alatorsev A., Kolesnik O., Mariash A. Distribution and sources of rare earth elements in sediments of the Chukchi and East Siberian Seas // Polar Sci. 2019. Vol. 20. P. 148–159.
4. Clark D., Hanson A. Central Arctic Ocean Sediment Texture: A Key to Ice Transport Mechanisms // Glacial-Marine Sedimentation. Springer US, Boston, MA, 1983. P. 301–330.
5. Darby D., Myers W., Jakobsson M., Rigor I. Modern dirty sea ice characteristics and sources: The role of anchor ice // J. Geophys. Res. 2011. Vol. 116. C09008.
6. Dudarev O., Charkin A., Shakhova N., Ruban A., Chernykh D., Vonk J., Tesi T., Martens J., Pipko I., Pugach S., Gershelis E., Leusov A., Grinko A., Gustafsson Ö., Semiletov I. East Siberian Sea: Interannual heterogeneity of the suspended particulate matter and its biogeochemical signature // Prog. Oceanogr. 2022. Vol. 208. P. 102903.
7. Eicken H., Reimnitz E., Alexandrov V., Martin T., Kassens H., Viehoff T. Sea-ice processes in the Laptev Sea and their importance for sediment export // Cont. Shelf Res. 1997. Vol. 17. P. 205–233.

8. Gordeev V., Martin J., Sidorov I., Sidorova M. A reassessment of the Eurasian river input of water, sediment, major elements, and nutrients to the Arctic Ocean // *Am. J. Sci.* 1996. Vol. 296. P. 664–691.
9. Jin Y., *Shipboard Scientific Party*. ARA10C Cruise Report: Korea-Russia-East Siberian Chukchi Sea Research Program, Korea Polar Research Institute. 2020. 161 p.
10. Jin Y., *Shipboard Scientific Party*. ARA09C Cruise Report: Korea-Russia-Japan-East Siberian Chukchi Sea Research Program, Korea Polar Research Institute. 2018. 205 p.
11. Kravchishina M., Klyuvitkin A., Filippov A., Novigatsky A., Politova N., Shevchenko V., Lisitzin A. Suspended particulate matter in the White Sea: the results of long-term interdisciplinary research // *Proc. Int. Assoc. Hydrol. Sci.* 2015. Vol. 365. P. 35–41.
12. Lund-Hansen L., Andersen T., Nielsen M., Pejrup M. Suspended Matter, Chl-a, CDOM, Grain Sizes and Optical Properties in the Arctic Fjord-Type Estuary, Kangerlussuaq, West Greenland During Summer // *Estuaries Coasts*. 2010. Vol. 33. P. 1442–1451.
13. Nürnberg D., Wollenburg I., Dethleff D., Eicken H., Kassens H., Letzig T., Reimnitz E., Thiede J. Sediments in Arctic sea ice: Implications for entrainment, transport and release // *Mar. Geol.* 1994. Vol. 119. P. 185–214.
14. Paterson G., Heslop D. New methods for unmixing sediment grain size data // *Geochem. Geophys. Geosystems*. 2015. Vol. 16. P. 4494–4506.
15. Reimnitz E., Dethleff D., Nürnberg D. Contrasts in Arctic shelf sea-ice regimes and some implications: Beaufort Sea versus Laptev Sea // *Mar. Geol.* 1994. Vol. 119. P. 215–225.
16. Sattarova V., Astakhov A., Aksentov K., Shi X., Hu L., Liu Y., Polyakov D., Alatorsev, A., Kolesnik O. Geochemistry of the Laptev and East Siberian seas sediments with emphasis on rare-earth elements: Application for sediment sources and paleoceanography // *Cont. Shelf Res.* 2023. Vol. 254. P. 104907.
17. Starodymova D., Kotova E., Shevchenko V., Titova R., Lukyanova O. Winter atmospheric deposition of trace elements in the Arkhangelsk region (NW Russia): Insights into environmental effects // *Atmospheric Pollution Research*. 2024. Vol. 15. Iss. 12. P. 102310
18. Strauss J., Schirrmeister L., Wetterich S., Borchers A., Davydov S. Grain-size properties and organic-carbon stock of Yedoma Ice Complex permafrost from the Kolyma lowland, northeastern Siberia // *Glob. Biogeochem. Cycles*. 2012. Vol. 26. 2011GB004104.
19. van Hateren J., Prins M., van Balen R. On the genetically meaningful decomposition of grain-size distributions: A comparison of different end-member modelling algorithms // *Sediment. Geol., Analysis of sediment properties*. 2018. Vol. 375. P. 49–71.
20. Wegner C., Wittbrodt K., Hölemann J., Janout M., Krumpen T., Selyuzhenok V., Novikhin A., Polyakova Ye., Krykova I., Kassens H., Timokhov L. Sediment entrainment into sea ice and transport in the Transpolar Drift: A case study from the Laptev Sea in winter 2011/2012 // *Cont. Shelf Res.* 2017. Vol. 141. P. 1–10.
21. Weltje G., Prins M. Muddled or mixed? Inferring palaeoclimate from size distributions of deep-sea clastics // *Sediment. Geol.* 2003. Vol. 162. P. 39–62.

УДК: 563.12 (268.53)

Я.С. Овсепян¹, Е.Е. Талденкова², Н.О. Митрофанова¹, В.В. Смирнова^{1, 2}

¹Геологический институт РАН, Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

yaovsepyan@yandex.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОСРЕДЫ В ГОЛОЦЕНОВЫХ И ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ КОЛОНКАХ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

В статье анализируются закономерности распределения бентосных секреторно-известковых и агглютинирующих фораминифер на шельфе и континентальном склоне моря Лаптевых. Уточнение экологии видов и выделение экологических групп позволяет проводить подробные реконструкции палеоусловий среды в голоценовых и позднеплейстоценовых колонках осадков арктических шельфовых морей России.

Ключевые слова: Арктика, фораминиферы, донные отложения, море Лаптевых, палеоэкология, трансгрессия

Ya.S. Ovsepyan¹, E.E. Taldenkova², N.O. Mitrofanova¹, V.V. Smirnova^{1, 2}

¹Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

yaovsepyan@yandex.ru

BENTHIC FORAMINIFERAL ECOLOGICAL GROUPS AND THEIR APPLICATION FOR PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTIONS IN THE LAPTEV SEA HOLOCENE AND LATE PLEISTOCENE SEDIMENT CORES

The article describes the distribution patterns of benthic calcareous and agglutinated foraminifera on the Laptev Sea shelf and continental slope. Verification of foraminiferal species ecology and determination of the ecological groups allows providing paleoenvironmental reconstruction in the Holocene and Late Pleistocene sediment cores from the Russian Arctic shelf seas.

Keywords: Arctic, foraminifera, surface sediments, Laptev Sea, paleoecology, transgression

Изменения в составе биологического сообщества отражают различные колебания параметров среды, что позволяет следить за сменой климата и гидрологических условий на протяжении голоцена. В настоящей работе приводится анализ данных по распределению бентосных фораминифер в поверхностных осадках моря Лаптевых. Исследование можно рассматривать как мониторинг современных придонных условий морей Арктики, а сведения об экологии видов, как основу для палеоэкологических реконструкций для голоценовых и позднеплейстоценовых разрезов данного региона.

Образцы поверхностных осадков получены в ходе российско-германских экспедиций «ТРАНСДРИФТ» в период с 1993 по 2013 гг. Шестьдесят станций в диапазоне глубин от 12 до 2596 м охватывают практически всю область шельфа и частично континентальный склон моря Лаптевых. Часть проб были прокрашены спиртовым раствором бенгальского розового по стандартному протоколу FOBIMO (FOraminiferal BIO-MOnitoring) [7], для разделения современного сообщества и тафоценоза, что позволит оценить сохранность раковин фораминифер при современных процессах осадконакопления.

Обобщения для моря Лаптевых были сделаны на основе принципа закономерности, выявленного для схожих условий Карского моря в статье Л. Поляка и соавторов [2]. Распределение секреторно-известковых бентосных фораминифер зависит от ряда факторов среды, влияние которых опосредованно выражается через значения среднемноголетней

летней поверхностной солености [6]. По степени влияния речного стока шельф делится на три зоны, для каждой из которых можно выделить экологические группы фораминифер. Параметры солености взяты по многолетним наблюдениям [1].

К экологической группе внутреннего опресненного шельфа с глубинами менее 40 м (придонная соленость может понижаться до 25‰, а поверхностная соленость до 10-20 ‰) относятся виды: *Elphidium incertum*, *Haynesina orbiculare*, *Buccella frigida*, *E. bartletti*, *Elphidiella groenlandica*, *Polymorphina* sp., *Guttulina* sp.

Вид *Elphidium clavatum* встречается повсеместно в море Лаптевых, служит индикатором стрессовых условий с выраженной сезонностью в поступлении питательных веществ, высокими скоростями седиментации и мутностью вод. Данный оппортунистический вид тяготеет к опресненным районам рядом с дельтами рек или ледниковыми фьордами, также встречается в эстуариях [2]. Еще один оппортунистический арктический вид *Cassidulina reniforme* является одним из самых массовых для моря Лаптевых, однако его численность выше на среднем и внешнем шельфе.

К району среднего шельфа с глубинами 40-60 м, промежуточной области между внутренним и внешним шельфом с незначительным влиянием рек (придонная соленость 32-33‰, поверхностная 20-25‰) относятся: *Pyrgo williamsoni*, *Nonion labradoricum*, *Elphidium subarcticum*, *Stainforthia loeblichii*, *Quinqueloculina* spp., *Eoeponidella pulchella*.

На глубинах более 60 м к экологической группе внешнего шельфа и континентального склона (придонная соленость 33-34‰, поверхностная соленость более 25‰) максимальной численности достигают виды *Melonis barleeanus*, *Astrononion gallowayi*, *Cibicides lobatulus*, *Islandiella norcrossi*, *Stainforthia feylingi*. Они также являются типичными представителями фауны глубоководных районов Северного Ледовитого океана [6; 8]. Важной находкой в образцах с континентального склона является обнаружение большого количества раковин вида *Cassidulina neoteretis*, который приурочен к водам циркумполярного течения атлантического происхождения [5; 8].

По аналогии с секретионно-известковыми фораминиферами экологические группы выделены и для агглютинирующих видов, что ранее не проводилось для морей Карского и Лаптевых. Агглютинирующие виды мелководного шельфа: *Ammotium cassis*, *Eggerella advena*, *Reophax curtus*, *Textullaria torquata*, *Proteonella atlantica*; среднего шельфа: *Cribostramoides crassimargo*, *Recurvoides turbinatus*; внешнего шельфа и склона: *Trochammina nana*, *Recurvoides trochamminiforme*, *Spiroplectammina biformis*.

Смена сообществ на шельфе моря Лаптевых отражает изменения условий обитания в зависимости от влияния речного стока и глубины. При этом общую картину можно охарактеризовать как улучшение условий по мере удаления от берега. По соотношению экологических групп в комплексе микрофауны из разрезов колонок можно проследить характер морских обстановок и этапность голоценовой трансгрессии.

В ряде колонок с разных глубин шельфа моря Лаптевых PS51/135, PS51/138, PS51/80 [3] сообщества фораминифер последовательно сменяют друг друга в соответствии с этапами послеледниковой трансгрессии; для начальной стадии затопления выделяется эстуарный комплекс с преобладанием эльфидиид, в частности, оппортунистического *E. clavatum*. Второму этапу затопления соответствует комплекс мелководного шельфа, который сменяется комплексом среднего шельфа. В более глубоководной колонке PS51/159 в среднем голоцене отмечается переход к современным условиям внешнего шельфа, по появлению нормально-морских видов и увеличению их доли в комплексе микрофауны.

В двадцати двух пробах поверхностного осадка был доступен подсчет ярко-розовых раковин бентосных фораминифер, сохранявших в момент отбора цитоплазму, то есть «живых». Доля «живых» фораминифер в образце в среднем составляет 60%, но может достигать до 88%. Различие в составе фораминифер био- и тафоценозов показало возможное растворение раковин с карбонатной стенкой, связанное с обильным поступлением органического вещества, что может отразиться на неполноте палеонтологической летописи.

Доля «живых» фораминифер преобладает на станциях, расположенных в центральной части шельфа, напротив дельты реки Лены. Большое количество органического вещества, поступающего с речными водами, создает благоприятную среду для жизни и питания мейобентоса, но окисление органики в холодном придонном слое приводит к образованию углекислоты и растворению карбонатов. Пока микроорганизмы живы, они сопротивляются агрессивной среде, но после их смерти происходит растворение раковин [4]. Этими процессами можно объяснить отсутствие карбонатного материала в колонках морских осадков.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ № 25-27-00312.

Список литературы

1. Дмитренко И.А., Кириллов С.А., Грибанов В.А., Кассенс Х. Оценка ледопродуктивности стационарных полыней на шельфе морей Карского и Лаптевых на основе многолетних гидрологических наблюдений // Метеорология и гидрология. 2001. № 12. С. 38–49.
2. Корсун С.А., Погодина И.А., Тарасов Г.А., Матишов Г.Г. Фораминиферы Баренцева моря (гидробиология и четвертичная палеоэкология). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1994. 136 с.
3. Bauch H., Mueller-Lupp T., Taldenkova E., Spielhagen R., Kassens H., Grootes P., Thiede J., Heinemeier J., Petryashov V. Chronology of the Holocene transgression at the North Siberian margin // Global and Planetary Change. 2001a. Vol. 31 P. 125–139.
4. Hald M., Steinsund P., Dokken T., Korsun S., Polyak L., Aspeli R. Recent and Late Quaternary distribution of *Elphidium excavatum* f. *clavatum* in the Arctic seas // Cushman Foundation Special Publication. 1994. Vol. 32. P. 141–153.
5. Lubinski D., Polyak L., Forman S. Freshwater and Atlantic water inflows to the deep northern Barents and Kara seas since ca 13 ¹⁴C ka: foraminifera and stable isotopes // Quaternary Science Reviews. 2001. Vol. 20. P. 1851–1879.
6. Polyak L., Korsun S., Febo L. A., Stanovoy V., Khusid T., Hald M., Paulsen B., Lubinski D. Benthic foraminiferal assemblages from the southern Kara Sea, a river-influenced Arctic marine environment // J. Foraminiferal Res. 2002. Vol. 32. Iss. 3. P. 252–273.
7. Schönfeld J., Alve E., Geslin E., Jorissen F., Korsun S., Spezzaferri S., and Members of the FOBIMO group. The FOBIMO (FORaminiferal BIO-MONitoring) initiative – Towards a standardized protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies // Mar. Micropal. 2012. Vol. 94–95. P. 1–13.
8. Wollenburg J., Mackensen A. Living benthic foraminifers from the central Arctic Ocean: faunal composition, standing stock and diversity // Mar. Micropal. 1998. Vol. 34. № 3–4. P. 153–185.

О.М. Пахомова

*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. В.Н. Рудницкого, г. Киров,
Россия*

uch.sekretar@fanc-sv.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ КАМЫ НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА ЧУС (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА)

В статье рассматриваются результаты спорово-пыльцевого анализа разреза Чус, расположенного на северо-востоке Кировской области. Дается описание этапов становления ландшафтов и смен растительных формаций в голоцене.

Ключевые слова: торфяники, спорово-пыльцевой анализ, Вятский край, голоцен, ландшафты

O.M. Pakhomova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitskogo, Kirov, Russia

uch.sekretar@fanc-sv.ru

RECONSTRUCTION OF THE NATURAL CONDITIONS OF THE UPPER REACHES OF THE KAMA RIVER USING THE EXAMPLE OF THE CHUS SECTION (BASED ON THE RESULTS OF SPORE-POLLEN ANALYSIS)

The article discusses the results of the spore-pollen analysis of the Chus section located in the north-east of the Kirov region. The stages of the formation of landscapes and changes of plant formations in the Holocene are described.

Keywords: peat bogs, spore and pollen analysis, Vyatka region, Holocene, landscapes

Вятский край, а особенно его восточные районы, расположенные в верхнем течении реки Камы изучен достаточно слабо. В работе представлены результаты спорово-пыльцевого анализа, подкреплённые радиоуглеродными датировками, сделанными в Институте географии РАН. Дана попытка описать ландшафтные условия голоцена северо-востока Вятского края.

Разрез Чус расположен представляет собой заторфованную высокую пойму. Его общая мощность составляет около 6 м. В основании лежат голубые озёрные глины, в верхней части переходящие в сапропель, который резко переходит в торфяную толщу мощностью около 2 м. Торфяная толща вновь перекрывается глинами, мощностью около 3 метров, которые в свою очередь перекрываются второй торфяной толщей со стволами деревьев. Для разреза было получено 6 радиоуглеродных дат. Самая древняя дата - 9020 ± 50 л.н. - в основании нижнего торфа, самая молодая - 2150 ± 100 л.н. - в верхней части верхнего торфа. Всю толщу можно разделить на 7 пыльцевых зон (рис.1, 2).

ПЗ-I (6,2-5,6 м) соответствует слою глин, расположенных ниже даты 9020 ± 50 л.н. Пыльца деревьев и кустарников здесь практически отсутствует. В небольшом количестве присутствует пыльца карликовой березки. Доминирующее положение занимают злаковые, полынь, маревые - до 90%.

ПЗ-II (5,6-5,3 м) охватывает нижнюю часть торфяного слоя. Дата 9020 ± 50 л.н. приходится на основании этой пыльцевой зоны. Здесь хорошо выражена смена растительности. Доля пыльцы древесных возрастает до 70%. Быстро восстановились березняки (до 60%), стало заметным присутствие пыльцы сосны. Из группы NAR почти исчезает пыльца степных видов. О значительном потеплении свидетельствует флористическое многообразие пыльцы водных растений.

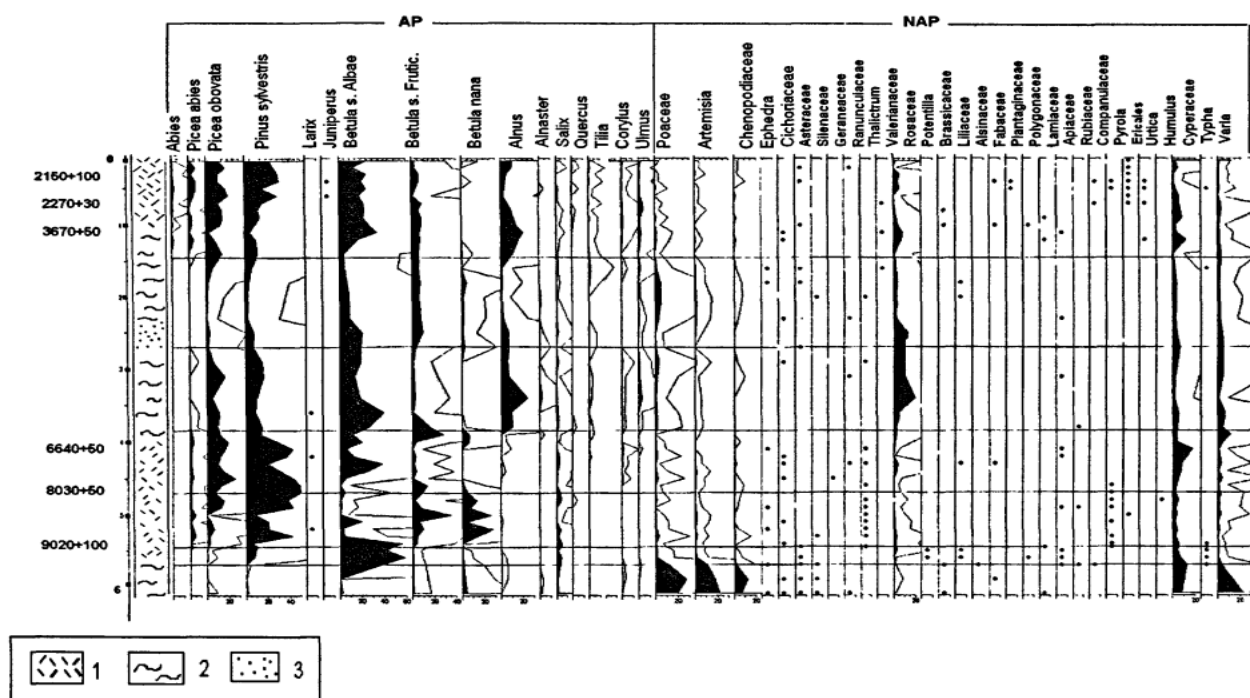


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Чус (1-торф, 2-глина, 3-песок)

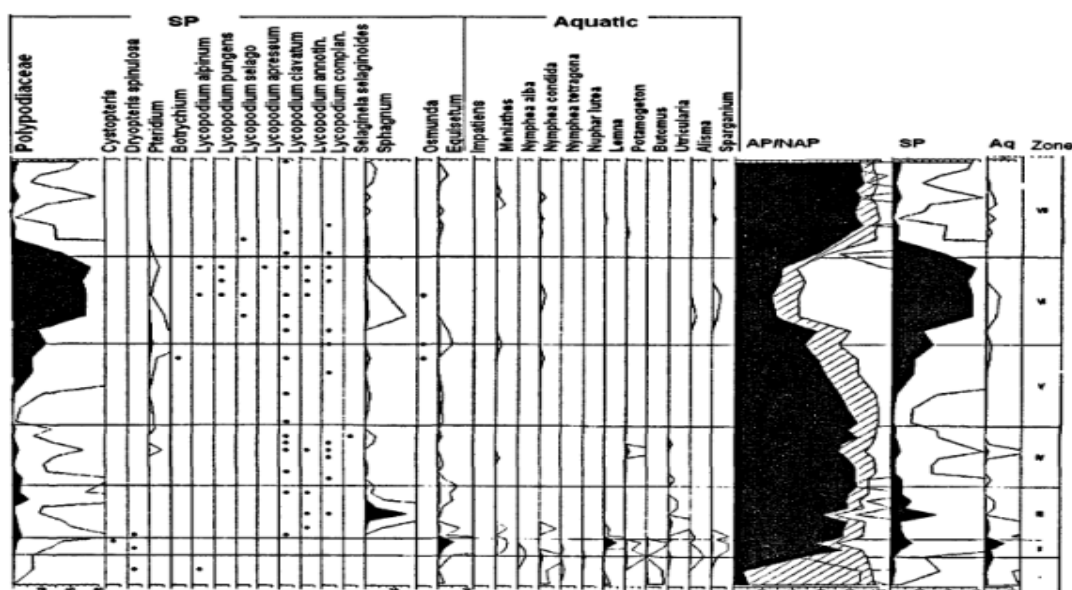


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Чус (окончание)

ПЗ-III (5,3-4,7 м) охватывает среднюю часть торфяного слоя. Для верхней части зоны получена дата 8030 ± 80 л.н. Продолжает увеличиваться доля древесных (70-80%). Намечается сокращение берёзы, но вместе с тем появляется пыльца ели, единично - пихты, увеличивается содержание пыльцы сосны - до 40%, увеличивается содержание карликовой березки. Среди трав доминируют осоковые. Таким образом, здесь просматривается явное увлажнение климата с некоторым похолоданием.

ПЗ-IV (4,7-3,9 м) охватывает верхнюю часть торфяного слоя. В верхней части зоны - дата 6640 ± 50 л.н. Последующее неуклонное потепление привело снова к восстановлению лесных формаций (до 80%), но уже с преобладанием хвойных пород (ель - до 20%, сосна - до 50%), с примесью берёзы (до 40%). Содержание пыльцы кустарничковой берёзки резко сокращается. Появляется единично пыльца широколиственных пород (лещина, липа).

Пыльца группы травянистых и споровых немногочисленна. Это потепление, вероятно, надо отнести к концу бореала, плавно переходящего в атлантическое потепление.

ПЗ-V (3,9- 2,7 м) соответствует нижней части глин, разделяющих две торфяные толщи. Для этой зоны по-прежнему характерно преобладание группы AP (ель, сосна, берёза). Но в ПЗ-V уже наметилась чёткая тенденция к снижению содержания пыльцы древесных пород от 80-90% в нижней части до 40-50% в верхней части. Исчезает пыльца карликовой берёзки. В спектрах чаще встречается пыльца липы, вяза, лещины. Но лесные формации постепенно снижают свою роль. В верхней части зоны заметно увеличивается доля спор *Polyporaceae* (до 20%). Это нарастающее похолодание подтверждается спектрами следующего горизонта.

ПЗ-VI (2,7- 1,5 м) соответствует средней части верхнего слоя глин. Здесь наблюдается чёткая тенденция к снижению доли пыльцы деревьев до 30%. Заметно уменьшается количество пыльцы ели, сосны, древовидной берёзы, но в то же время увеличивается содержание *Betula s. Fruticosae*, *Betula nana* - до 10%. Среди трав чаще встречается пыльца полыни, единично эфедра. Видимо, этот горизонт нужно отнести к похолоданию раннего суббореала, когда стали более разреженными и более светлыми лесные участки. Это обусловило их зарастание папоротником (до 50%). Здесь снова появляются единичные споры холодных плаунов. Суббореальное похолодание сменилось новым потеплением, но в пределах суббореала, что доказывается сменой спектров и абсолютными датировками.

ПЗ-VII (1,5-0 м) охватывает верхнюю часть верхнего слоя глин и весь верхний слой торфяника. Вероятно, это позднее суббореальное потепление, которое укладывается в хронологические рамки от $3\ 670 \pm 160$ л.н. до $2\ 150 \pm 100$ л.н. Самая верхняя часть разреза (0,4-0 м), расположенная выше даты $2\ 150 \pm 100$ л.н., вероятно приходится на начало субатлантики. В этой пыльцевой зоне вновь резко увеличивается роль древесных пород - до 90% (ель -20%, сосна - 30%, берёза - 30%), исчезает карликовая берёзка, возрастает суммарное содержание пыльцы широколиственных пород (дуб, липа, вяз, лещина). Вновь незначительно увеличивается доля водных растений.

Опираясь на палинологические материалы изученного нами разреза, можно сказать следующее. Нижняя часть разреза Чус по флористическим спектрам отражает растительность открытых травянистых сообществ тундро-степного характера. Преобладающими были злаково-полынно-маревые сообщества с карликовой берёзкой. Это были пространства гиперзонального типа [1] на месте современной еловой тайги. Они отражают условия резко континентального климата криоксеротической фазы второй половины валдайской ледниковой эпохи. Именно такие условия предшествовали началу торфонакопления в разрезе Чус. Выше по разрезу во флористическом составе наблюдается резкое увеличение доли пыльцы древесных пород (ель, сосна, виды берёз и, прежде всего, *Betula s. Fruticosae* и *Betula nana*), а также резкое падение содержания пыльцы трав. Для средней части нижнего торфяного слоя была получена радиоуглеродная дата 8030 ± 50 л.н. Вероятно, эти пыльцевые зоны отразили растительность предбореала и бореала, когда в данном районе преобладающими стали сосновые и еловые формации с примесью кустарниковых видов берёз, вероятно, приуроченные к окраинам болотных массивов. В последующей фазе развития растительности (ПЗ-IV с радиоуглеродной датой 6640 ± 50 л.н) наблюдается восстановление лесных формаций, но уже с преобладанием хвойных пород с примесью берёзы. Содержание пыльцы *Betula s. Fruticosae* и *Betula nana* резко сокращается. Вероятно, это конец бореала, плавно переходящего в атлантическое потепление. В атлантическое время в данном районе сохранялись лесные сообщества, а в спектрах чаще встречается пыльца широколиственных пород, хотя и не в значительных количествах. Широколиственные породы на данной территории за всё послеледниковое время не имели доминирующего значения. Вероятно, они входили в виде примеси в состав светлохвойных сосновых лесов центральных и южных районов области, а в северной половине Вятского края произрастали под пологом еловых лесов [2]. Самая верхняя часть разреза Чус, расположенная выше даты 2150 ± 100 л.н., вероятно приходится на начало субатлантического

периода. В это время получили широкое распространение среднетаёжные леса с господством ели, сосны, берёзы, с пихтой в подлеске. Роль широколиственных пород была второстепенна. Изложенные данные по разрезу Чус существенно дополняют представления о природе Вятского края в голоцене.

Список литературы

1. *Величко А.А.* Восточно-Европейская равнина // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет. М., ГЕОС, 1999. 260 с.
2. *Прокашев А.М., Жуйкова И.А., Пахомов М.М.* История растительности почвенно-растительного покрова Вятско-камского края в послеледниковье. Киров, ВятГТУ, Вятское отделение русского географического общества, 2003. 144 с.

В.Е. Пименов, Н.Г. Мазей, А.Н. Цыганов, Ю.А. Мазей
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия
v-pimenov01@inbox.ru

СУБРЕЦЕНТНЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ

В работе представлены результаты исследования 90 субрецентных пыльцевых образцов, собранных на территории Камчатки в различных типах фитоценозов. Анализ показал, что современные спорово-пыльцевые спектры отражают как региональные, так и локальные особенности растительности, при этом доминирующую роль играет пыльца берёзы. Полученные данные являются первым этапом создания базы субрецентных спектров, которая позволит перейти к количественным реконструкциям палеоклимата и повысить точность интерпретаций палеоэкологических данных для Камчатки и Западной Берингии.

Ключевые слова: субрецентные спорово-пыльцевые спектры, Камчатка

V.E. Pimenov, N.G. Mazei, A.N. Tsyganov, Yu.A. Mazei
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
v-pimenov01@inbox.ru

MODERN POLLEN SPECTRA OF THE KAMCHATKA PENINSULA AND THEIR SIGNIFICANCE FOR PALEO GEOGRAPHIC RECONSTRUCTIONS

This paper presents the results of a study of 90 modern pollen samples collected in various types of plant communities across the Kamchatka Peninsula. The analysis revealed that modern pollen spectra reflect both regional and local vegetation patterns, with birch pollen playing a dominant role. The obtained data represent the first stage in developing a database of modern pollen spectra, which will enable quantitative paleoclimate reconstructions and improve the accuracy of paleoecological interpretations for Kamchatka and Western Beringia.

Keywords: modern pollen spectra, Kamchatka

Полуостров Камчатка представляет собой ключевой регион для палеоэкологических исследований благодаря своему уникальному географическому положению и активным геологическим процессам. Частые извержения вулканов и тектоническая активность в голоцене привели к формированию уникальных экосистем, однако их состав и динамика остаются недостаточно изученными. При этом до сих пор отсутствуют комплексные исследования, позволяющие проследить ретроспективу взаимодействия «растительность–климат–геология» и оценить долгосрочные факторы, формирующие экосистемы региона.

Реконструкция природной обстановки прошлого невозможна без понимания закономерностей формирования современной растительности. Важным источником для таких реконструкций являются субрецентные пыльцевые спектры, используемые для количественных оценок палеоклимата. Для Камчатки и сопредельных районов сведения о современных спорово-пыльцевых спектрах практически отсутствуют [1–4], что снижает точность реконструкций. Это ограничивает использование численных методов палеоклиматического анализа в меньших пространственных масштабах. В настоящее время для территории полуострова опубликованы результаты палеоэкологических исследования более 25 разрезов болотных и озёрных отложений, однако реконструкции климата в этих работах носили преимущественно качественный характер. Современные задачи палеоэкологии требуют перехода к количественным подходам, основанным на использовании субрецентных пыльцевых спектров. Цель работы – создание базы данных субрецентных

спорово-пыльцевых спектров полуострова Камчатка для количественных реконструкций растительности и климата в голоцене.

В рамках исследования были изучены поверхностные образцы пыльцы и спор из почвенных и растительных субстратов, отобранные на 90 площадках, расположенных на высотах до 800 м н.у.м. в июле 2017 г. и августе 2023 г. 37% образцов приходится на леса, 44% – на болота разных типов, 12% – на тундровые ценозы, 7% – на рудеральные сообщества, выходы термальных вод, каменные осыпи и пр. Образцы обрабатывали по стандартной методике с применением ацетоллиза для подготовки растительных субстратов и тяжелой жидкости – для почвенных. Данные обрабатывали в среде R, а спорово-пыльцевые диаграммы строили с помощью ПО TiliaT v.2.61.

Полученные результаты показали, что субрецентные спектры отражают как региональные, так и локальные особенности растительного покрова. В большинстве спектров доминирует пыльца древесных видов берёз, что свидетельствует о высокой пыльцевой продуктивности лесов из *Betula ermanii* и/или *B. platyphylla* на территории полуострова. Для лесных спектров доля древесной пыльцы составляла не менее 82%. При этом, пыльца березы преобладала во всех образцах, тогда как остальные древесные (*Picea*, *Larix*, *Alnus*) и кустарники (*Pinus pumila*, *Alnus fruticosa*, *Betula nana*) имели преимущественно локальное распространение. Для лиственничных лесов разной сомкнутости доля пыльцы лиственницы варьировалась от 0 до 17%. На основе статистического анализа болотных образцов с территории Западно-Камчатской низменности были выделены таксоны с преимущественно локальным и региональным распространением.

Проведённое исследование является первым этапом создания базы данных субрецентных спорово-пыльцевых спектров полуострова Камчатка. Полный набор изученных спорово-пыльцевых спектров был интегрирован с опубликованными данными по Западной Берингии для создания региональных калибровочных моделей для территории Камчатки. Это позволит уточнить интерпретацию пыльцевых данных и выделить вклад локальной и региональной растительности при проведения палеоботанических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-14-00065.

Список литературы

1. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И.С., Лупкина Е.Г. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука, 1968. 245 с.
2. Боярская Т.Д., Малаева Е.М. Развитие растительности Сибири и Дальнего Востока в четвертичном периоде. М.: Наука, 1967. 201 с.
3. Скиба Л.А. История развития растительности Камчатки в позднем кайнозое. М.: Наука, 1975. 72 с.
4. Мухаметшина Е.О. Субфоссильные спорово-пыльцевые спектры горных территорий на примере полуострова Камчатка // Геосистемы переходных зон. 2024. Т. 8. № 2. С. 127–141

Н.А. Пластеева, В.В. Гасилин, П.А. Косинцев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

natalya-plasteeva@yandex.ru, gasilinv@yandex.ru, kpa@ipae.uran.ru

КУЛАН – ИСЧЕЗНУВШИЙ ВИД ЕВРАЗИЙСКИХ СТЕПЕЙ

В статье кратко рассматривается изменение северной границы распространения кулана – вида, который в настоящее время находится под угрозой исчезновения, за последние 10000 лет. Показано, что значительное сокращение ареала вида произошло вслед за развитием кочевого скотоводства и увеличением конкуренции с домашними животными. Приводятся результаты анализа морфометрической изменчивости голоценового кулана и его сравнение с современными подвидами.

Ключевые слова: кулан, голоцен, ареал, морфологическая изменчивость, вымирание

N.A. Plasteeva, V.V. Gasilin, P.A. Kosintsev

Institute of plant and animal ecology Ural branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

natalya-plasteeva@yandex.ru, gasilinv@yandex.ru, kpa@ipae.uran.ru

ASIATIC WILD ASS – DISAPPEARED SPECIES OF THE EURASIAN STEPPES

The article briefly examines the change in the northern distribution limit of the Asiatic wild ass, a species that is currently under threat of extinction, over the past 10000 years. It is shown that a significant reduction in the species range occurred following the development of nomadic breeding and increased competition with domestic animals. The results of the analysis of the morphometric variability of the Holocene wild ass and its comparison with modern subspecies are presented.

Keywords: Asiatic wild ass, Holocene, distribution, morphological variability, extinction

Кулан (*Equus hemionus* Pallas 1775) – вид, который находится под угрозой исчезновения [7]. На территории России он является исчезнувшим [3]. В историческом прошлом ареал кулана был шире, а в пределах России находилась его северная граница. Современное распространение вида имеет мозаичный характер: наиболее крупные автохтонные популяции кулана обитают в южной Монголии и северном Китае, изолированные популяции сохранились также в Индии, Иране, Туркменистане и Узбекистане. В ряде стран (Украина, Казахстан и Израиль) кулан был реинтродуцирован [7; 8].

В настоящее время остаются неясными пространственные и временные аспекты расселения вида в голоцене. Имеющиеся данные по распространению кулана ограничиваются историческим прошлым [1; 2; 5]. Восстановленный ареал приведен схематично, на значительных пространствах граница проведена приблизительно. Реконструкция динамики ареала в голоцене выполнена по серии местонахождений достоверных остатков вида лишь для Казахстана [4]. Микроэволюционная изменчивость кулана также является малоизученной. Прежде всего это касается формы, обитавшей в степной зоне Евразии. Здесь мы представляем реконструкцию северной границы распространения вида и анализ его изменчивости в голоцене.

На основе анализа опубликованных фаунистических списков создан электронный массив данных находок кулана из местонахождений голоцена с территории стран бывшего СССР. Подавляющее большинство остеологических находок происходит из культурных слоев археологических памятников разного типа – охотничьих стоянок, поселений, селищ и городищ. Общее количество памятников составило 123 единицы. Расположены они в пределах современных лесостепной, степной и пустынной природных зон, представляя

следующие периоды: мезолит (10300–8000 л.н.), неолит (8000–5000 л.н.) и энеолит (5000–4000 л.н.), эпоха бронзы (4000–3000 л.н.), ранний железный век и эпоха Великого переселения народов (3000–1600 л.н.), средневековье (1600–300 л.н.). Помимо этого, нами изучена изменчивость скелетных элементов субфоссильного кулана Прикаспия на примере пястной (n=41) и плюсневой (n=68) кости. В ходе работы с каждой костью или ее фрагмента снимали от 5 до 13 промеров. Для сравнительного анализа привлекали коллекции рецентного *E. hemionus* с территории Монголии, Туркменистана и Ирана (музейные фонды и данные открытых источников).

В голоцене северная граница ареала проходила непрерывной линией по северной оконечности степной зоны от запада Восточной Европы и до Алтая. К востоку от Алтая кулан постоянно обитал лишь в реликтовых степях Байкальской Сибири. Этот небольшой по площади участок являлся частью монгольского ареала и, вероятно, не сообщался с западной частью ареала в евразийских степях.

Наибольшего распространения кулан достиг в период неолита и энеолита, когда северный предел его ареала доходил в европейской части до 52° с.ш. (Поволжье), в азиатской – до 53° с.ш. Начиная с 3000 л.н. происходит сокращение ареала, выразившееся в отступании его северной границы к югу до 44°–46° с.ш. С этого периода находки кулана в степной зоне немногочисленны и встречаются только в Восточной Европе и в реликтовых степях Байкальской Сибири. Изменение северной границы обитания стало результатом климатических изменений в пустынно-степной зоне и перехода населения степной зоны Евразии к кочевому скотоводству как основной форме хозяйствования. Распространение кочевого скотоводства привело к обострению конкуренции куланов с домашним скотом за доступ к открытым водоемам. Как результат, сокращались регулярность и дальность кочевок кулана в степную зону во время сезонных миграций. Во второй половине 19 в. животные уже не появлялись на северных пределах своего прежнего распространения. Таким образом, сокращение ареала кулана началось еще в доисторическое время и стало результатом опосредованного антропогенного воздействия.

На основании размеров тела, окраса шкуры и количества хромосом традиционно выделяли два вида куланов – кианга *E. kiang* Moorcroft 1841 и кулана *E. hemionus* Pallas 1775 [8]. Последний включает несколько подвидов: монгольский кулан, или джигетай *E. h. hemionus*, индийский кулан, или хур *E. h. khur* Lesson 1827, туркменский кулан *E. h. kulan* Groves et Mazák 1967, иранский кулан, или онагр *E. h. onager* Boddaert 1785 и ныне вымерший сирийский подвид – *E. h. hemippus* Geoffroy 1855. Результаты молекулярно-генетических исследований не выявили четкого генетического различия между ними и позволяют рассматривать кианга в качестве еще одного подвида [6; 9]. Морфологические отличия между подвидами незначительны и проявляются лишь в средних значениях метрических признаков. Онагр и кианг являются крайними вариантами по размерам тела. Предполагается, что в фауне России в историческое время существовали два подвида: туркменский – от Предкавказья до Южной Сибири и монгольский – в Забайкалье [3].

Скелетным элементам голоценового кулана Прикаспия свойственна значительная морфологическая изменчивость. Измеренные показатели костей конечностей варьируют в довольно широких пределах. По абсолютным размерам костей голоценовый кулан крупнее иранского онагра и близок к джигетая; туркменский кулан при этом занимает промежуточное положение. Крупные размеры формы, обитавшей в прошлом в Прикаспии, можно объяснить правилом Бергмана. По результатам анализа главных компонент области значений голоценового кулана и современных форм вида значительно перекрываются между собой, демонстрируя высокую степень морфологической однородности. Морфологическая реконструкция отношений между формами вида осложнена широкой, обусловленной как географической, так и вековой компонентами, изменчивостью размеров кулана на протяжении голоцена.

Исследование выполнено по теме государственного задания Института экологии

Список литературы

1. Банников А.Г. Кулан. М.: Лесная промышленность, 1981. 120 с.
2. Гептнер В.Г., Насимович А.А., Банников А.Г. Млекопитающие СССР. М.: Высшая школа, 1961. С. 698–715
3. Павлинов И.Я. Звери России. Справочник-определитель. Ч. 2. Хищные, непарнокопытные, парнокопытные, китообразные, сирены. М.: КМК, 2019. С. 500–501.
4. Пластеева Н.А., Косинцев П.А., Шагирбаев М.С., Девяшин М.М., Гасилин В.В. История голоценового ареала кулана (*Equus hemionus*, Equidae, Perissodactyla) в Казахстане // Зоологический журнал. 2023. Т. 102. № 10. С. 1189–1200.
5. Соломатин А.О. Кулан. М.: Наука, 1973. 146 с.
6. Bennett E., Champlot S., Peters J., Arbuckle B., Guimaraes S., Pruvost M., Bar-David S., Davis S., Gautier M., Kaczensky P., Kuehn R., Mashkour M., Morales-Muñiz A., Geigl E. Taming the late Quaternary phylogeography of the Eurasiatic wild ass through ancient and modern DNA // PLoS ONE. 2017. Vol. 12. Iss. 4. e0174216. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174216>
7. Kaczensky P., Lkhagvasuren B., Pereladova O., Hemami M.-R., Bouskila A. *Equus hemionus*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2015. e.T7951A45171204. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T7951A45171204>
8. Moehlman P. Equids: Zebras, asses and horses: status survey and conservation action plan. Gland, Switzerland: IUCN-the World Conservation Union, 2002. P. 62–64.
9. Rosenbom S., Costa V., Chen S., Khalatbari L., Yusefi G., Abdukadir A., Yangzom Ch., Kebede F., Teclai R., Yohannes H., Hagos F., Moehlman P., Beja-Pereira A. Reassessing the evolutionary history of ass-like equids: insights from patterns of genetic variation in contemporary extant populations // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2015. Vol. 85. P. 88–96.

А.С. Прокушкин^{1,2}

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

²Институт географии РАН, г. Москва, Россия
prokushkin@ksc.krasn.ru

КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАДИЕНТЫ СОСТАВА СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ $\delta^{13}\text{C}$ И $\delta^{15}\text{N}$ РАСТЕНИЙ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

Состав стабильных изотопов органического вещества торфяных залежей даёт важнейшую информацию о климате прошлого. Экофизиологические особенности и реакция на климатические изменения торфообразующих растений являются фундаментальной основой реконструкций гидротермических условий палеосреды. В статье рассматриваются аспекты изменчивости состава стабильных изотопов ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$) в тканях растений-торфообразователей Центральной Сибири.

Ключевые слова: стабильные изотопы С и N, растения-торфообразователи, климатический градиент, Центральная Сибирь

A.S. Prokushkin^{1,2}

¹V.N. Sukachev Institute of forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

²Institute of geography RAS, Moscow, Russia
prokushkin@ksc.krasn.ru

CLIMATIC AND ECOPHYSIOLOGICAL GRADIENTS IN STABLE ISOTOPE ($\delta^{13}\text{C}$ AND $\delta^{15}\text{N}$) COMPOSITION OF PEAT-FORMING PLANTS OF CENTRAL SIBERIA

The composition of stable isotopes of organic matter in peat deposits provides essential information about the climate of the past. Ecophysiological characteristics and response of peat-forming plants to climate change are the fundamentals for reconstructing the hydrothermal conditions of the paleoenvironment. The article examines aspects of the variability of the composition of stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in the tissues of peat-forming plants in Central Siberia.

Keywords: stable isotopes of C and N, peat-forming plants, climate gradient, Central Siberia

Изотопный состав торфа обусловлен видовой спецификой растительности, его слагающей. Определение естественной изменчивости состава стабильных изотопов в тканях одних и тех же видов растений, произрастающих в разных биоклиматических зонах, является задачей, позволяющей потенциально дать оценку изменений гидротермических условий в прошлом на основе изотопного состава растительных остатков в образце торфа [1]. Для территории Сибири, и России в целом, подобные сведения о составе стабильных изотопов растительности болотных биогеоценозов, сформированных в контрастных гидротермических условиях, крайне малочисленны. Проводящиеся нами работы в этом направлении нацелены на сбор и систематизацию данных измерений содержания элементов (C, N) и соотношения стабильных изотопов (^{13}C : ^{12}C , ^{15}N : ^{14}N) в растениях характерных для болотных массивов.

В анализе элементного и изотопного состава основных растений торфообразователей использовались результаты собственных измерений, полученных для 7 участков в пределах Центральной Сибири (бассейн р. Енисей) (табл. 1).

На каждом участке при наличии отбирались следующие группы растений: деревья (*Pinus* spp., *Larix* spp., *Betula* spp.), кустарники (*Alnus fruticosa*, *Salix* spp., *Betula nana*), эрикоидные кустарнички (*Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Ledum* sp., *Oxycoccus* sp., *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis-idaea*), многолетние травы (злаки, осоки,

др.), а также хвощи, сфагновые и бриевые (или зеленые) мхи, кустистые лишайники. У древесных растений (деревья, кустарники и кустарнички) отбирался листовой аппарат и одревесневшие над- и подземные органы. У травянистых над- и подземная фитомасса. У зеленых и сфагновых мхов, а также лишайников отбирались живые и отмершие части. В пределах отдельного болотного биогеоценоза отбор проб проводился на кочках (буграх) и в мочажинах. Измерения проводились помощью элементного анализатора Vario Isotope Cube (Elementar, Германия) с изотопным масс-спектрометром Isoprime 100 IRMS (Isoprime Ltd., Великобритания).

Таблица 1. Характеристика участков исследования. МААТ – среднегодовая температура воздуха, МАР – среднегодовое количество осадков

Участок	Широта, ° с.ш.	Долгота, ° в.д.	МААТ, °С	МАР, мм
Диксон	73.50	80.52	-11.1	376
Хатанга	72.47	102.50	-11.6	283
Игарка	67.40	86.57	-8.1	494
Туруханск	65.78	87.95	-5.9	598
Тура	64.28	100.22	-8.4	380
Зотино	60.83	89.68	-2.9	600
Ванавара	60.33	102.28	-4.6	411

Усредненный для всех участков изотопный состав ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$) растений болот Центральной Сибири (рис. 1) характеризуется достаточно хорошо разделяемыми сигнатурами у выделенных групп растений и по их приуроченности к определенным экотопам: положительным (гряды, бугры, плато) и отрицательным (мочажины) элементам микрорельефа.

Анализ изменений изотопного состава основных растений торфообразователей на широтном градиенте Центральной Сибири выявил снижение величин $\delta^{15}\text{N}$ с повышением среднегодовой температуры воздуха, как у представителей травянистых растений, так и у наиболее типичных для болот вересковых кустарничков, что отражает изменения в формах доступного азота [2-4]. Изотопный состав углерода основных растений торфообразователей на широтном градиенте характеризуются обратной тенденцией. Рост значений $\delta^{13}\text{C}$ с повышением температуры фиксируется, как у древесных видов, так и у ряда представителей травянистых и мохообразных. Подобное поведение $\delta^{13}\text{C}$ указывает на снижение дискриминации ^{13}C (как следствие снижения C_i) в процессе его фотоассимиляции, что отражает рост продуктивности растений. Повышение продуктивности болотных фитоценозов и скоростей аккумуляции торфа с ростом теплообеспеченности на широтном трансекте болот Западной Сибири показано в работах [5].

Полученные данные изотопно-геохимического анализа растительности болотных фитоценозов Центральной Сибири формируются в базу данных и служат основой для исследований, посвященных реконструкции палеоусловий с целью более детальной оценки:

- развития болотных фитоценозов при циклических сменах отрицательных и положительных элементов микрорельефа (гидрологического режима),
- изменений температурного режима в процессе развития болотного фитоценоза, отражающегося в продуктивности компонентов болотных фитоценозов,
- смен в источниках и формах поглощаемого растениями азота,
- степени трансформации органического вещества растительных остатков в процессе торфонакопления и гумификации.

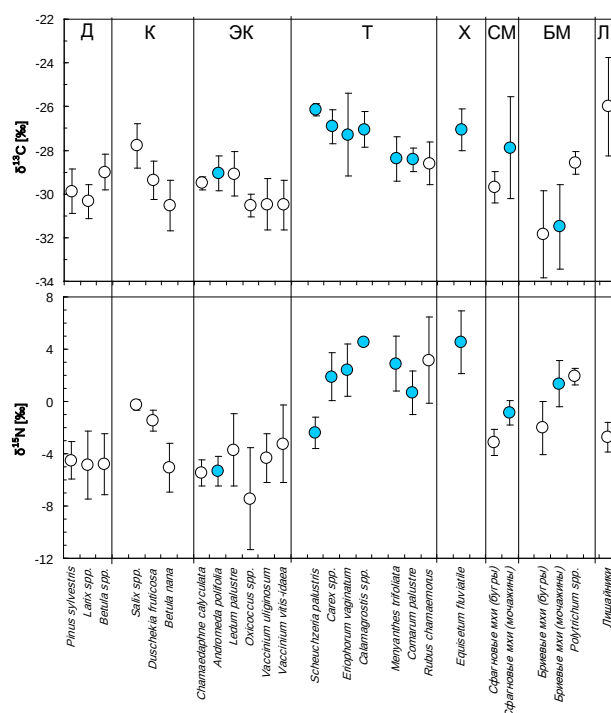


Рисунок 1. Средние значения ($\pm$ SD) изотопного состава ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$) тканей растений-торфообразователей болот Средней Сибири, подразделенные на группы и приуроченность к элементам микрорельефа: Д – деревья, К – кустарники, ЭК – эрикоидные кустарнички, Т – травянистые растения, Х – хвощ топяной, СМ – сфагновые мхи, БМ – бриевые мхи, Л – кустистые лишайники., белые символы – виды, произрастающие на грядах, буграх, голубые – виды, приуроченные к отрицательным элементам микрорельефа (мочажинам).

Работа поддержана грантом 075-15-2024-554 в виде субсидии крупного научного проекта Минобрнауки России (проект «Глобальные климатические вызовы на территории России: ретроспективный анализ, прогноз и механизмы адаптации»).

Список литературы

1. Skrzypek G., Paul D., Wojtun B. Stable isotope composition of plants and peat from Arctic mire and geothermal area in Iceland // Polish Polar Research. 2008. Vol. 29. Iss. 4. P. 365–376.
2. Asada T., Warner B., Aravena R. Nitrogen isotope signature variability in plant species from open peatland // Aquatic Botany. 2005. Vol. 82. P. 297–307.
3. Bragazza L., Rydin H., Gerdol R. Multiple gradients in mire vegetation: a comparison of a Swedish and an Italian bog // Plant Ecology. 2005. Vol. 177. P. 223–236.
4. Макаров М.И. Роль микоризы в трансформации соединений азота в почве и в азотном питании растений (обзор) // Почвоведение. 2019. № 2. С. 220–233.
5. Инишева Л.И., Кобак К.И., Турчинович И.Е. Развитие процесса заболачивания и скорость аккумуляции углерода в болотных экосистемах России // География и природные ресурсы. 2013. Т. 34. № 3. С. 60–68.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОРАДАРНЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ПОЛЕВСКОЕ (ЗАОНЕЖСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Геофизическая съемка может быть применена как дополнительный метод, который помогает охарактеризовать структуру и толщину донных осадков, что может стать основой для расчета объемных запасов углерода в донных отложениях озер. В данной работе представлена методика определения запасов общего органического углерода в донных отложениях озер на примере оз. Полевское. Сопоставлены данные бурения (разрез ДО) и модель толщи осадка, построенная по георадарным данным. Оценен запас органического углерода (около 200 тыс. тонн).

Ключевые слова: Заонежский полуостров, органический углерод, донные отложения озер, георадиолокация

A.V. Pronina¹, P.A. Ryazantsev², N.A. Belkina¹

¹*Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*

²*Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*
anastasiya.2802@mail.ru

METHOD OF DETERMINING CARBON STOCKS IN BOTTOM SEDIMENTS USING GPR DATA: CASE STUDY FROM LAKE POLEVSKOYE (ZAONEZHISKY PENINSULA)

Geophysical survey can be used as an additional method that helps to characterize the structure and thickness of bottom sediments, which may serve as a basis for calculating carbon volume stocks in lake sediments. This study presents a methodology for determining total organic carbon stocks in lake bottom deposits using Polevskoye lake as an example. Data from drilling (sediment core section) are compared with sediment thickness model constructed based on ground penetrating radar data. The stock of organic carbon is estimated at about 200000 tons.

Keywords: Zaonezhsky peninsula, organic carbon, lake sediments, ground penetrating radar

Введение. Озера играют важную роль в глобальном цикле углерода. Остатки растений и животных, обитающих в водной среде и поступающие с водосбора постепенно накапливаются в донных отложениях (ДО), формируя хранилище, которое способно влиять на состояние окружающей среды и климат региона. Запасы органического углерода в ДО отражают экологическое состояние озера, его трофность и биологическую продуктивность. Органический углерод, накопленный в озерах, участвует в обмене вещества между атмосферой и гидросферой. Донные отложения озер, содержащие значительное количество органических веществ, могут высвобождать углерод в виде CO₂ и CH₄, которые являются мощными парниковыми газами, влияющими на климат планеты. Изучение и количественное определение запасов углерода необходимо для оценки вклада озерных систем в глобальный углеродный цикл.

Существуют разные методы определения углерода в ДО. Методики оценки запасов углерода в ДО, применяемые на практике, также разнятся. Запасы углерода в ДО озера Песчаное (юг Западной Сибири) рассчитаны на основе схемы сапропелевой залежи,

изученной с помощью эхолота и зондирования толщи [4]. Для ДО озер Чувашской Республики анализ пространственного распределения органического углерода выполнялся на основе пересчета значений потерь при прокаливании [2]. Методика определения органического углерода в ДО, разработанная Азово-Черноморского филиалом ВНИРО, основана на фотометрическом методе (адаптированный к объекту ГОСТ 26213-2021 для почв) [6]. При единичных опробованиях донных отложений широко практикуется расчет запасов органического углерода на единицу площади дна озера (например, на 1 м²) с учетом мощности литологических фаций осадка [3].

Авторы данного исследования предлагают вариант усовершенствования методики определения запасов углерода в ДО озер, главная особенность которого заключается в дополнении классического пути (отбор колонок, выделение литологических пачек, определение в них концентраций углерода и оценка на единицу площади дна) данными георадарной съемки, которая позволяет смоделировать толщу донных отложений озера и более точно определить объемы залежи.

Материалы и методы. Для отработки методики определения запасов углерода в ДО озер предложена следующая последовательность действий:

1. Проведение георадарной съемки на модельном объекте для определения характера дна озера, структуры ДО и определения положения станций отбора проб.
2. Отбор кернов ДО с помощью русского торфяного бура.
3. Лабораторная обработка проб: литологическое описание разреза и выделение литологических фаций, определение концентраций общего органического углерода (ТОС, total organic carbon), определение плотности осадков для расчета объемных запасов углерода.
4. Обработка радарограмм, сопоставление данных бурения с георадарной съемкой, расчет объемов залежей, выделенных в керне литологических фаций.
5. Определение запасов ТОС в ДО озера по формуле:

$$Q = \Sigma(\text{ТОС} \cdot \rho V), \text{ где}$$

Q – запас общего органического углерода;

ТОС – средняя концентрация общего органического углерода в выделенной литологической фации разреза;

ρ – средняя плотность осадка в выделенной литологической фации разреза;

V – объем осадка, заключенный между изоповерхностями общей модели, соответствующий литологической фации залежи ДО.

Для опробования методики было выбрано озеро Полевское на Заонежском полуострове, Республика Карелия (рис. 1). Это озеро неоднократно фигурировало в палеолимнологических исследованиях [1; 5; 8; 7], структура его ДО достаточно хорошо изучена.

Для оценки запасов органических илов были использованы данные георадарной съемки, выполненной по льду оз. Полевское в зимний период. Сбор данных проводился георадаром ОКО-2 с антенным блоком 100 МГц по сети из 13 профилей.

Отбор кернов отложений производился с помощью русского торфяного бура в марте 2025 г. Глубина в точке отбора 2,3 м. Отобрано семь метровых кернов с наложением 10 см, общая длина исследованного разреза составила 735 см. На протяжении всего разреза были взяты пробы по 1 см через каждые 30 см для определения ТОС. Описание литологических фаций и график изменения концентрации ТОС по разрезу представлены на рисунке 1. Плотность осадка измеряли гравиметрическим методом. ТОС определялся методом высокотемпературного окисления на анализаторе Shimadzu TOC-LCSN (ПНД Ф 14.1:2:3:4.279-14 и ГОСТ Р 52991-2008).

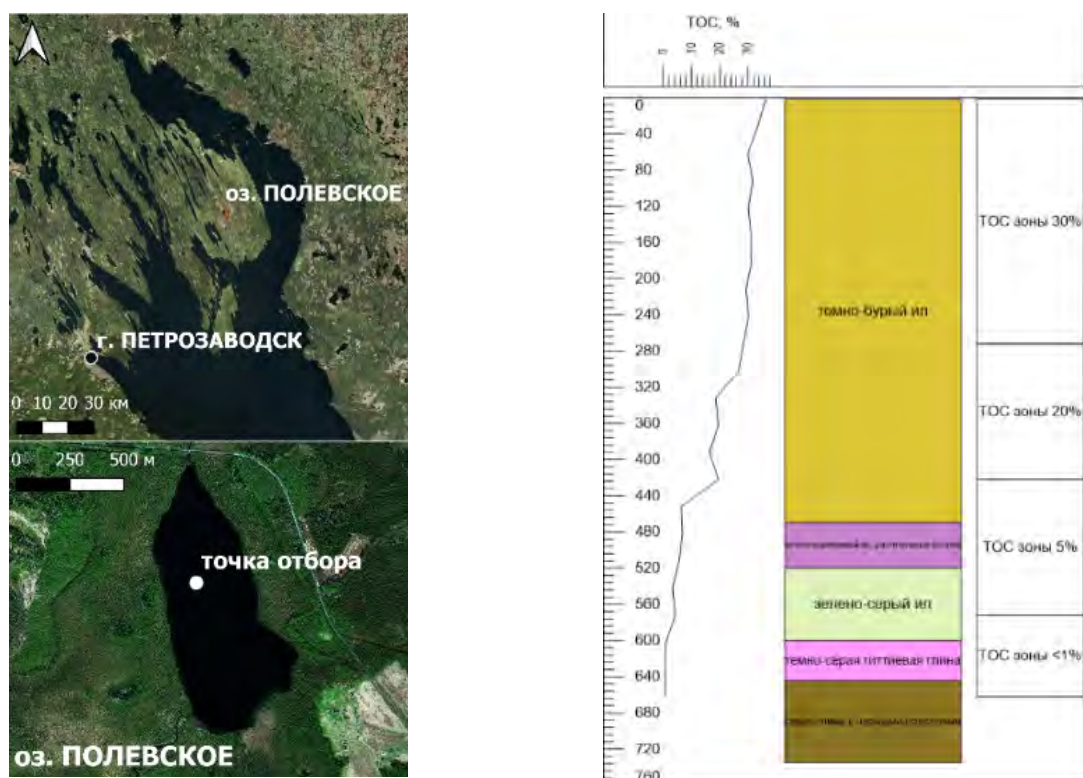


Рис. 1 Местоположение Полевского озера; разрез донных отложений оз. Полевское: содержание общего органического углерода характеристика литологических единиц

Результаты и обсуждение. Обработка радарограмм позволила очертить дно оз. Полевское, а также определить положение нижней границы органических илов. Указанные слои хорошо различимы за счет интенсивных осей синфазности, образованных из-за контраста электрофизических свойств зондируемых сред. Предшествующее исследование оз. Полевское показало точность метода георадиолокации при сравнении с 16 буровыми скважинами в диапазоне 12–36 см [7]. В результате были получены две изоповерхности – верхняя и нижняя (рис. 2), которые ограничивают залежь органических илов, содержащих наибольшее количество углерода.

Для верификации георадарных данных использовался разрез отложений, сопоставленный с профилем, проходящим в центральной части озера (рис. 2). Расхождение при определении нижней границы темно-бурых илов составило 70 см, что могло быть следствием смещения скважины на 15 м севернее линии профиля. Подстилающие зелено-коричневый и зелено-серый илы на радарограммах относились к органоминеральному слою. Увеличение минеральной составляющей в них сопровождалось резким снижением ТОС в колонке с 19% до 6% в интервале 422–452 см. Таким образом, основной запас углерода в ДО оз. Полевское сосредоточен в пределах верхней литологической фации темно-бурого ила (0–422 см). Анализ показал, что в нижележащих слоях разреза (фации зелено-коричневого и зелено-серого ила) концентрация ТОС уменьшается до 5%, а ещё ниже до 0,5%.

В программе Surfer v.23 был рассчитан объем залежи темно-бурых илов, его величина составила 682 тыс. м³. Используя среднее значение ТОС в фации 0–422 см равное 27% и среднее значение плотности равное 1,1 г/см³=1100 кг/м³ производим расчет:

$$Q = 0,27 \cdot 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 682000 \text{ м}^3 = 202554000 \text{ кг} = 202554 \text{ т}$$

Следует отметить, что внутри слоя ила на радарограмме наблюдается ряд осей синфазности, которые предположительно сформированы в том числе и на границах изменения содержания ТОС. Это указывает на возможность выполнения более детальных расчетов.



Рис. 2 Модель залежи органических илов оз. Полевское с примером интерпретации георадарных данных по отдельному профилю

Несмотря на ряд нерешенных задач при сопоставлении выделенных литологических фаций в разрезе отложений с полученной радарограммой (что может быть связано с особенностями толщи отложений конкретного модельного объекта) для более точного расчета запасов углерода, предлагаемый подход может быть перспективным для повышения достоверности оценки углерода, депонированного в осадках озер.

Заключение. В ходе апробации методики определено, что общее содержание углерода в органическом иле (фация темно-бурого ила) оз. Полевское можно оценить не менее чем в 202 554 тонн. Интеграция геофизических данных с лабораторными химическими анализами донных проб позволяет более точно оценить и смоделировать пространственное распределение запасов органического углерода. Определение запасов углерода в ДО имеет важное значение для понимания механизмов работы цикла углерода как на современном этапе, так и в прошлом, для оценки экологического состояния водоема и разработки мер охраны окружающей среды.

Исследование выполнено в рамках Важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Список литературы

1. Гурбич В.А., Потахин М.С., Субетто Д.А. Стратиграфия донных отложений реликтовых водоемов Онежского озера (на примере оз. Полевское) // Астраханский вестник экологического образования. 2017. Vol. 3. № 41. С. 4–12.
2. Иванов Д.В., Осмелкин Е.В., Зиганин И.И. Пространственные закономерности накопления углерода, азота и фосфора в донных отложениях озер Чувашской Республики // Труды Карельского научного центра РАН. 2021. № 4. С. 108–118. <https://doi.org/10.17076/lim1402>
3. Лукина Ю.Н., Белкина Н.А., Калинкина Н.М., и др. Разработка системы мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в водных экосистемах Европейского Севера России // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 5. С. 97–114. <https://doi.org/10.17076/lim1954>

4. Малов Г.И., Страховенко В.Д., Овдина Е.А. Пространственные закономерности накопления углерода в оз. Песчаное (юг Западной Сибири) в голоцене // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2023. Vol. 3. № 55. С. 70–77. <https://doi.org/10.20403/2078-0575-2023-3-70-77>
5. Сырых Л.С., Назарова Л.Б., Субетто Д.А., Белкина Н.А., Потахин М.С., Греков И.М. Первые результаты исследования субфоссильных сообществ хирономид (Chironomidae) в донных отложениях оз. Полевского, Заонежский полуостров, Карелия // Астраханский вестник экологического образования. 2020. № 3(57). С. 4–10. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2020-19-3-4-10>
6. Шевцова Е.А., Бурдина Е.И. Особенности фотометрического определения органического углерода в донных отложениях // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6. № 4. С. 43–50.
7. Ryazantsev P., Rodionov A., Subetto D. Waterborne GPR mapping of stratigraphic boundaries and turbidite sediments beneath the bottom of Lake Polevskoye, Karelia, NW Russia // Journal of Paleolimnology. 2021. Vol. 66. Iss. 3. P. 261–277. <https://doi.org/10.1007/s10933-021-00205-w>
8. Strakhovenko V., Subetto D., Hang T., Ovdina E., Danilenko I., Belkina N., Potakhin M., Zobkov M., Gurbich V. Mineral and geochemical composition of the Onega ice lake sediments. // Baltica. 2018. Vol. 31. Iss. 2. P. 165–172. <https://doi.org/10.5200/baltica.2018.31.16>

УДК 551.89:561.26(571.642)

Н.Г. Разжигаева¹, Л.А. Ганзей¹, Т.А. Гребенникова¹, В.И. Пономарев², В.В. Афанасьев³, А.О. Горбунов³, М.А. Климин⁴

¹*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия,*

²*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия*

³*Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия*

⁴*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

nadyar@tigdvo.ru

ЗАПИСЬ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НАВОДНЕНИЙ НА ЮЖНОМ САХАЛИНЕ В СРЕДНЕМ-ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ЦИКЛОГЕНЕЗА

Проведена реконструкция сильных паводков на западном и восточном побережьях Южного Сахалина, оставивших следы в виде прослоев суглинков в долинных торфяниках. Определена хронология событий и их повторяемость, проанализированы палеоклиматические условия и проведено сравнение с данными по сопредельным регионам. Показано, что периоды с частыми сильными палеотайфунами и глубокими циклонами не всегда совпадают по времени, что связано с аномалиями крупномасштабной циркуляции.

Ключевые слова: изменения климата, разрезы торфяников, палеотайфуны, хронология, повторяемость

N.G. Razjigaeva¹, L.A. Ganzey¹, T.A. Grebennikova¹, V.I. Ponomarev², V.V. Afanasiev³, A.O. Gorbunov³, M.A. Klimin⁴

¹*Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia*

²*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

³*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia*

⁴*Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

nadyar@tigdvo.ru

RECORDS OF EXTREME FLOODS ON SOUTHERN SAKHALIN IN THE MIDDLE-LATE HOLOCENE AS AN INDICATOR OF CYCLOGENESIS INTENSITY

A reconstruction of severe floods on the western and eastern coasts of South Sakhalin, resulting in traces in the form of loamy interlayers in valley peatlands, has been carried out. The chronology of these events and their recurrence have been determined, as well as paleoclimatic conditions have been analyzed and compared with data from adjacent regions. It has been shown that periods of frequent severe paleotyphoons and deep cyclones do not always coincide in time, which is associated with anomalies in large-scale atmospheric circulation.

Key words: climatic changes, peat bog sections, paleotyphoons, chronology, recurrence

Введение. В условиях климатической нестабильности последних десятилетий одним из опасных природных процессов на юге Дальнего Востока стали сильные паводки, связанные с прохождением тайфунов или глубоких циклонов [1]. Период наблюдений экстремальных наводнений охватывает не более 100–150 лет, а регулярные инструментальные метеорологические измерения начались в начале XX века. Актуальным является изучение проявления подобных событий в прошлом, что позволяет восстановить изменения интенсивности циклогенеза в масштабах сотен и тысяч лет. Эта информация может существенно дополнить исторические данные и улучшить понимание палеоклиматических процессов и риска наводнений в зоне перехода от континента к океану.

Реконструкции экстремальных наводнений выполнены для юга Дальнего Востока по шельфовым [8] и континентальным седиментологическим записям [3]. Подобные работы по выяснению повторяемости палеотайфунов и сильных наводнений проводятся на Корейском полуострове [6], в Китае [9] и на Японских островах [5]. Целью работы является сравнительный анализ двух геологических летописей экстремальных наводнений на западном и восточном побережьях Южного Сахалина за последние 6370 лет, зафиксированных в разрезах торфяников речных долин, включая хронологию и повторяемость, выявление периодов интенсификации циклогенеза и сопоставление полученных результатов с палеоклиматическими данными на сопредельных территориях.

Материал и методы. В основу реконструкций положены данные по двум разрезам торфяников с западного и восточного побережья о. Сахалин (бассейны рек Яблочная и Найба и), с многочисленными прослоями суглинков, оставленных в крупные наводнения (рис. 1). Разрезы также включают органоминеральные слои, в которые терригенный материал поступал в наводнения меньшей силы. Помимо визуальных наблюдений в качестве критериев выделения периодов с частыми наводнениями были выбраны зольность отложений, снижение концентрации створок диатомей, рост содержания реофилов, которые являются аллохтонными и были занесены на заболоченные участки во время паводков. Изучен гранулометрический состав отложений на седиментографе Analysette 22. Возраст определен на основе радиоуглеродного датирования и модели, построенной в программе Bacon 4.2.2 с функцией slump [4].

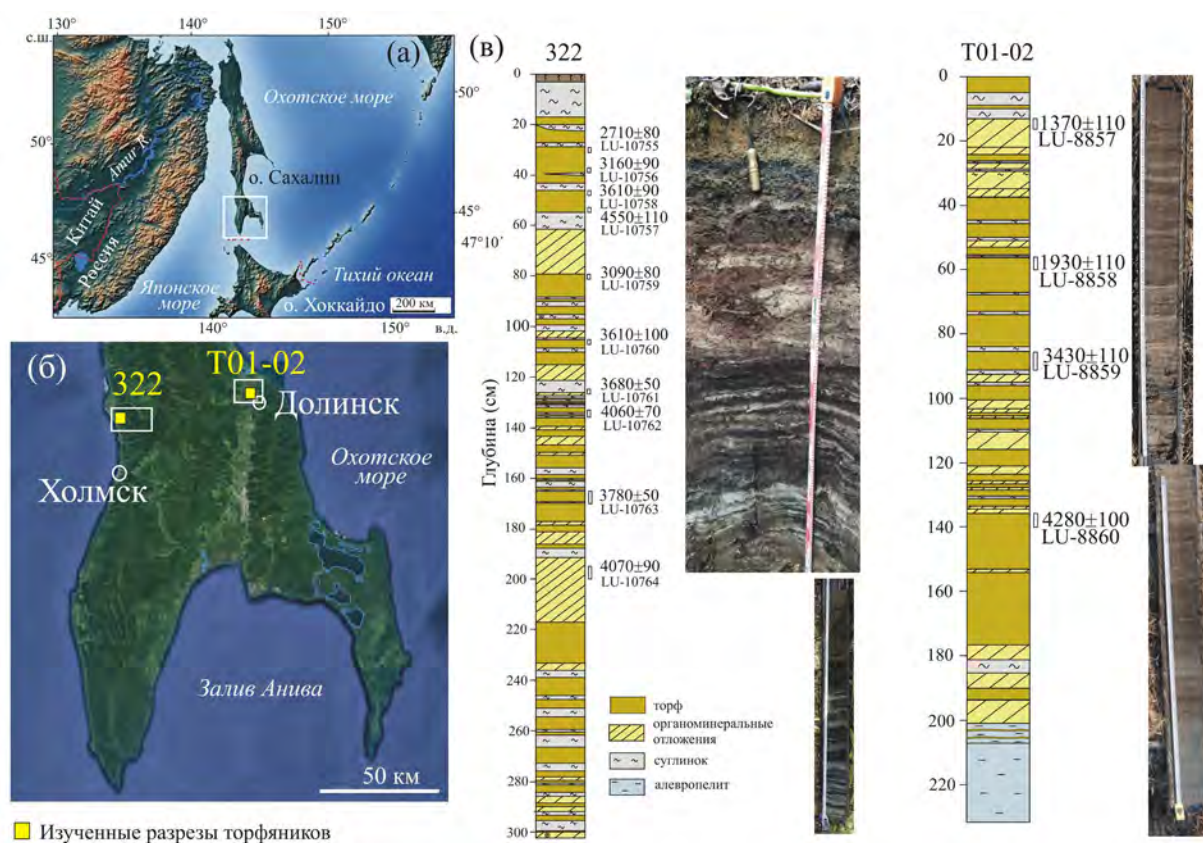


Рис. 1. Район работ (а-б) и строение изученных разрезов торфяников (в)

Результаты и обсуждение. На побережье Западного Сахалина в долине р. Яблочная разрез торфяника включает 38 слоев светло-серого суглинка, фиксирующих прохождение сильных наводнений за последние 6370 лет (рис. 1). Толщина слоев варьирует от нескольких мм до 4.5 см. Верхний слой (от 14 до 28 см) был оставлен сильным наводнением, вызванным тайфуном «Филлис» в 1981 году. Суглинок включает равные пропорции пелитовой и алевритовой фракций. Кривые распределения имеют четко выраженную моду 20 мкм, с положительной асимметрией за счет примеси частиц 9–10 мкм. Паводок, вызванный

тайфуном «Филлис», превысил максимальные значения, наблюдавшиеся за весь период исторических наблюдений. Резкое увеличение мощности отложений этого паводка связано с тем, что в долине развита дорожная сеть и есть населенные пункты, что значительно усиливает вынос мелкого материала. Для доисторических событий мощность слоя косвенно отражает интенсивность паводка и зависит от потока эродированного материала и продолжительности стояния воды в нижней части долины. Предполагается, что паводки, оставившие слои суглинков, соответствуют прохождению палеотайфунов с количеством осадков ≥ 300 мм, сравнимых с тайфуном «Филлис». Слои суглинков распределены по разрезу неравномерно; определен возраст экстремальных наводнений, а также органоминеральных прослоев, сформировавшихся во время слабых паводков.

На побережье Восточного Сахалина изучен разрез водораздельного торфяника между притоками в бассейне р. Найба. Органогенное осадконакопление здесь началось около 6010 кал. л.н. в распресненной лагуне, на месте которой ~5710 кал. л.н. образовалось озеро, а ~5040 кал. л.н. – низинное болото. Прослой суглинков позволили выделить 25 сильных наводнений, мощность слоя суглинков, оставленных в тайфун «Филлис», составляет 3.5 см.

Данные о наводнениях на Западном и Восточном Сахалине отражают как общие тенденции, так и имеют различия, связанные прежде всего с геоморфологическим положением палеоархивов и особенностями прохождения тайфунов с разными траекториями. Количество экстремальных наводнений в среднем-позднем голоцене, зафиксированных в долинном торфе, было выше по сравнению с водоразделом, повторяемость в периоды активизации циклогенеза составляла раз в 10–40 лет на западном побережье (4300–3670 л.н.), на восточном – 30–90 лет (4640–3580; 1860–1380 л.н.) (рис 2). Повышение базисного уровня эрозии при повышении уровня моря до 2.5-3 м над современным также сыграло большую роль в затоплении нижней части долины в оптимумы среднего и позднего голоцена.

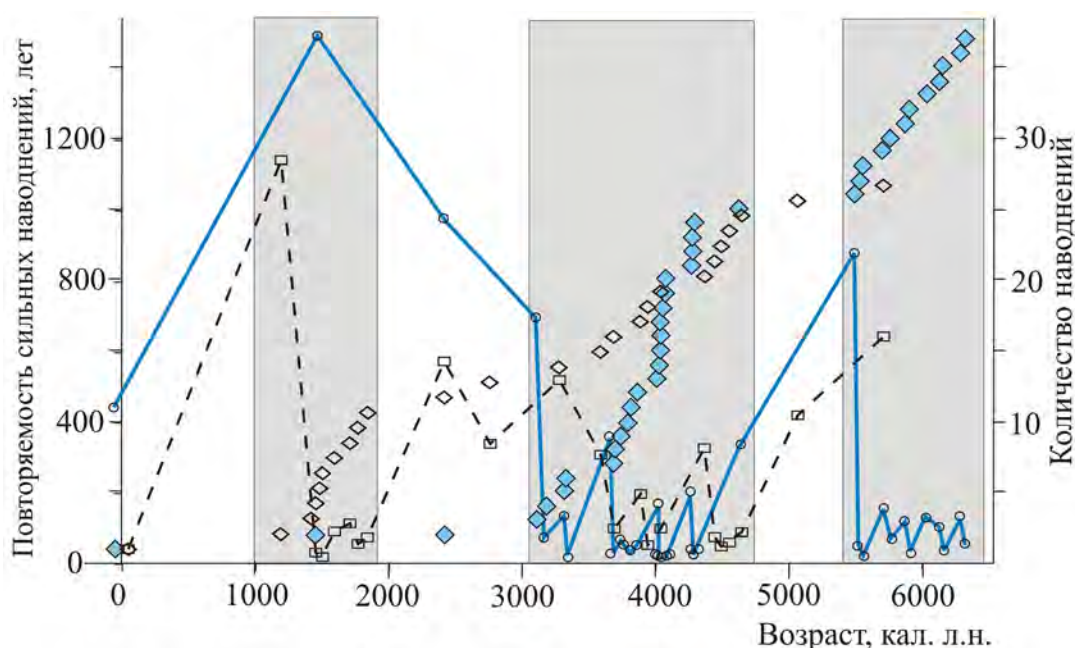


Рис. 2. Повторяемость и число экстремальных наводнений на западном (синий цвет) и восточном (черный цвет) побережьях Южного Сахалина

Как правило, периоды с сильными наводнениями на Западном Сахалине происходили в периоды потепления или в условиях, близких к современным, характеризующихся разным уровнем увлажнения [2]. Данные свидетельствуют и о прохождении экстремальных наводнений в относительно сухие фазы.

Периоды повышенной повторяемости экстремальных наводнений на юге Сахалина соответствуют периодам интенсификации системы течений Куро-Ойя. Как и в современных

условиях, усиление теплого Цусимского течения в Японском море привело к поступлению теплых вод в Тихий океан через Сангарский пролив и пролив Лаперуза, а также Татарский пролив. Усиленная адвекция тепла приводила к положительной аномалии температур поверхности моря, усилению циклогенеза в этом районе и увеличению осадков. Связь между увеличением повторяемости экстремальных наводнений на Южном Сахалине и усилением течения Курисио особенно четко прослеживается в первые две фазы усиления циклогенеза (6470–5490, 4300–3670 л.н.), хорошо проявившихся на западном побережье острова. Вторая фаза хорошо проявлена на восточном побережье. В третьей фазе (1860–1380 л.н.), более отчетливо проявившейся на восточном побережье острова, связь между повторяемостью экстремальных наводнений и усилением теплого течения менее отчетлива. Это было время активизации Эль-Ниньо, которое повлияло на возникновение супертайфунов и режим паводков на реках Сахалина.

Сравнение данных по Южному Сахалину с записями экстремальных гидрологических явлений в других регионах Восточной Азии показывает, что периоды с частыми сильными палеотайфунами и глубокими циклонами не всегда совпадают по времени. Основной причиной этого являются особенности траекторий тайфунов и глубоких циклонов при различных климатических ситуациях, которые определяются аномалиями крупномасштабной циркуляции и барических полей в период прохождения циклонов над окраинными районами Восточной Азии. Анализ полученных данных подтверждает, что формирование тайфунов, их траектории и интенсификация циклогенеза в Восточной Азии и прилегающей части океана в среднем-позднем голоцене были тесно связаны с температурой поверхностных вод в низких широтах в западной части Тихого океана, а также с положением и интенсивностью центров атмосферного действия.

Выводы. Сравнение данных о наводнениях на западном и восточном побережьях Южного Сахалина показало, что запись наводнений в долинном торфянике более подробная, чем в водораздельном. В периоды усиленного циклогенеза повторяемость экстремальных наводнений составляла 1 событие в 10–30 лет на западном побережье и 30–90 лет на восточном побережье. Как и в настоящее время увеличение интенсивности циклогенеза и частоты тайфунов в среднем-позднем голоцене тесно связано с аномалиями температуры поверхностных вод в западной экваториальной части Тихого океана, интенсивностью теплых течений, проявлением Эль-Ниньо и аномалиями центров действия атмосферы.

Исследование выполнено в рамках тем государственных заданий № 125021302113-3, 121021500060-4, 125051406034-3, 124013000774-7.

Список литературы

1. Махинов А.Н., Ким В.И. Влияние изменений климата на гидрологический режим реки Амур // Тихоокеанская география. 2020. № 1. С. 30–39.
2. Микишин Ю.А., Пушкарь В.С., Гвоздева И.Г. Палеогеография побережья Южного Сахалина в суббореальном периоде голоцена // Успехи современного естествознания. 2020. № 10. С. 97–107.
3. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Пономарев В.И., Афанасьев В.В., Горбунов А.О., Климин М.А. Повторяемость сильных паводков на Западном Сахалине и интенсивность циклогенеза в среднем-позднем голоцене // Геоморфология и палеогеография. 2024. № 2. С. 321–323.
4. Blaauw M., Christen J. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. Vol. 6. P. 457–474.
5. Ishii Y., Hori K., Momohara A. Middle to late-Holocene flood activity estimated from loss on ignition of peat in the Ishikari lowland, northern Japan // Global and Planetary Change. 2017. Vol. 153. P. 1–15.

6. *Lim J., Lee J.-Y., Hong S., Kim J.-Y., Yi S., Nahm W.-H.* Holocene change in flooding frequency in South Korea and their linkage to centennial-to-millennial-scale El Niño-Southern Oscillation activity // *Quaternary Research*. 2017. Vol. 87. P. 37–48. <https://doi.org/10.1017/qua.2016.8>
7. *Moy C., Seltzer G., Rodbell D., Anderson D.* Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch // *Nature*. 2002. Vol. 420. Iss. 6912. P. 162–165.
8. *Prushkovskaya I., Tsoy I.* Diatoms in the Amur Bay sediments (Sea of Japan) and the impact of typhoons on their accumulation over the last 2000 years // *Issues of Modern Algology*. 2019. Vol. 2. Iss. 20. P. 252–256.
9. *Zhou X., Liu Z., Yan Q., Zhang X., Yi L., Yang W., Xian R., He Y., Hu B., Liu Yi., Shen Y.* Enhanced tropical cyclones intensity in the Western North Pacific during warm period over the last two Millennia // *Geophysical Research Letters*. 2019. Vol. 46. P. 11959–11966.

УДК 551.435.7; 551.8

Т.Ю. Репкина¹, Е.Д. Вяткин², А.К. Крехов³, Ю.А. Кублицкий⁴, П.А. Леонтьев⁴, А.В. Орлов⁴,
Е.А. Вахрамеева⁵, М.А. Комагорова⁶, Г.Н. Лосюк⁵, М.А. Тарасова^{1, 2}, О.С. Шилова², К.С.
Якимова⁷

¹Институт географии РАН, г. Москва, Россия

²МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³СПбГУ физический факультет, г. Санкт-Петербург, Россия

⁴Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

⁵ФИЦКИА УрО РАН им. академика Н.П. Лаверова, г. Архангельск, Россия

⁶Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, г. Москва, Россия

⁷Институт океанологии РАН, г. Москва, Россия

t-repkina@yandex.ru

ЭОЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ (КАНИНСКИЙ БЕРЕГ)

На Канинском берегу Белого моря по результатам полевых геолого-геоморфологических и георадарных работ, аналитических исследований и радиоуглеродного датирования прибрежных отложений выявлены периоды эоловой активности для двух интервалов времени: за последние ~9.2 тыс. кал.л.н., и детально - за 1976-2022 гг. Установлена реакция прибрежных эоловых процессов на изменения относительного уровня моря, баланса песчаных наносов и штормовой активности.

Ключевые слова: прибрежные дюны, эоловая активность, палеолимнология, георадарные исследования, дистанционное зондирование, Российская Арктика

T.Yu. Repkina¹, E.D. Vyatkin², A.K. Krekhov³, Yu.A. Kublitskiy⁴, P.A. Leontiev⁴, A.V. Orlov⁴,
E.A. Vakhrameeva⁵, M.A. Komagorova⁶, G.N. Losyuk⁵, M.A. Tarasova^{1, 2}, O.S. Shilova², K.S.
Iakimova⁷

¹Institute of Geography, Russian Academy of Science, Moscow

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg

⁴Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg

⁵N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk

⁶Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

⁷Fersman Mineralogical Museum, Moscow

t-repkina@yandex.ru

AEOLIAN PROCESSES OF THE WHITE SEA COASTS IN THE HOLOCENE (KANINSKY COAST)

This paper presents new data on the field geological-geomorphological and GPR surveys, analytical studies, and radiocarbon dating of the aeolian, lacustrine, marine and salt marshes sediments, on the Kanin coast of the White Sea. We identified periods of increased aeolian activity and assessed the relationship between aeolian activity, RSL changes, sand balance, and storminess over the past ~9.2 cal. ka BP, and, in more detail, for 1976-2022.

Keywords: coastal dunes, aeolian activity, White Sea, paleolimnology, GPR, remote sensing, Russian Arctic

Понимание реакции прибрежных эоловых процессов на изменения относительного уровня моря (ОУМ), режима ветров и штормовой активности важно как для палеогеографических реконструкций, так и для прогноза развития экосистем на границе суши моря в условиях климатических изменений. Эти проблемы особенно актуальны для берегов морей, испытавших последнее оледенение, в частности Белого моря, где ОУМ изменялся вдоль берега крайне неравномерно [3; 7], а сведения о голоценовой динамике эоловых процессов немногочисленны [5].

На Канинском берегу Белого моря, между устьями рек Месна и Кия, сформировался один из крупнейших в регионе ареалов прибрежных дюн, значительные размеры и сложное строение которых позволяло предполагать их голоценовый возраст [4].

В июле 2022 г. в районе устья р. Шойны проведены геоморфологические, литостратиграфические, палеолимнологические и георадарные исследования, геодезическая съемка в Глобальной навигационной спутниковой системе (ГНСС) и аэрофотосъемка (рис. 1). Изучено строение рельефа и отложений современной береговой зоны (до ~2.5 м н.у.м.), голоценовых террас (4-5 и 7-9.5 м н.у.м.) и котловин двух озер (урезы - 3.1 м и 9.1 м н.у.м.). Отобраны образы на аналитические исследования и датирование эоловых, озерно-болотных и маршевых отложений. Аналитические исследования включали определение валового содержания органического вещества, массовой доли общего и органического углерода и азота, гранулометрический, минералогический и диатомовый анализы, изучение морфологии кварцевых зерен, анализ электромагнитных свойств эоловых песков в коаксиальной линии. Радиоуглеродное датирование 13 образцов проведено в лаборатории СПбГУ и Laboratorium Datowań Bezwzględnych (Краков, Польша), а ОСЛ-датирование (1 образец) - в лаборатории ВНИИГИ им. А.П. Карпинского. Для оценки современной динамики берега и дюн проанализированы космические снимки Corona (июль 1976 г., разрешение 0.9 м), Landsat (1984-2022 гг.; 15-30 м), изображения Махаг и Airbus (2003-2019 гг.; 1 м) и ортофотоплан, составленный по данным аэрофото- и ГНСС-съемок с помощью ПО Agisoft Photoscan.

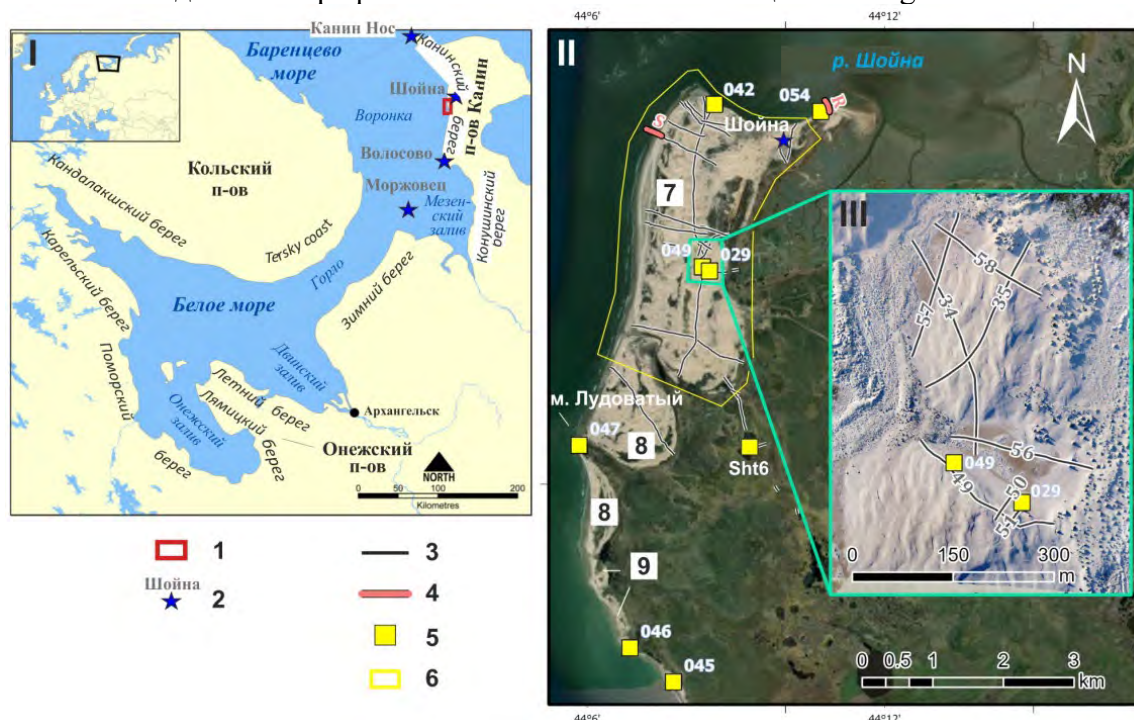


Рис. 1. Положение района исследований (I) и фактический материал (II, III).

Условные обозначения: 1 – район исследования, 2 – гидрометеостанции, 3 – георадарные профили, 4 – профили отбора наносов современной береговой зоны, 5 – разрезы и скважины, 6 – участок аэрофотосъемки; цифрами на белом фоне показаны типы дюн: 7 –

трансгрессивное дюнное поле, 8 – параболические дюны, 9 – дюны на береговых уступах

Для района устья р. Шойны характерны сильные ветры, значительные колебаний уровня моря (амплитуда приливов >4 м) и продолжительная (ноябрь-март) блокировка берега припаем и снежным покровом [1; 9]. Режим ветров благоприятен для выноса песка из береговой зоны на сушу. В 1976-2022 гг. ветры всех направлений достигали скорости 5-15 м/с в 1-13% случаев наблюдений, и 1-9 раз за этот период были штормовыми (>15 м/с). Преобладающими и наиболее сильными были Ю и ЮЗ, а в безледный период - также СЗ ветры [9]. Таким образом, ветры всех направлений способны переносить пески (0.05-2 мм)¹, а в штормы зерна крупнее 2 мм [6].

Все обследованные берега окаймляют «первичные» дюны (авандюны и дюны на береговых уступах), на которые пески поступают непосредственно с пляжей. «Вторичные» дюны - трансгрессивное дюнное поле (7 на рис. 1.П) и параболические дюны (8 на рис. П), расположены на террасах, в ветровой тени «первичных» дюн, и питаются за счет перевеивания последних. По данным гранулометрического анализа дюны всех типов сложены мелко- и среднезернистым песком, с незначительными включениями более крупных (0.5-2 мм) зерен. В относительно обособленных морфолитодинамических (МЛД) ячейках, ограниченных мысами и устьями водотоков, типы дюн и состав эоловых песков изменяются, из-за смены режима эффективных ветров, источников и запасов наносов.

На берегах эстуария развиты первичные дюны, формирующиеся под действием СЗ и СВ ветров из аллювиальных наносов. Эоловые пески достигают существенной гранулометрической и минералогической дифференциации; морфология зерен кварца указывает на обработку наносов в ветропесчаном потоке, а концентрация тяжелых минералов, подчеркивает их связь с ледниковыми отложениями, развитыми в бассейне реки [2]. В МЛД ячеек открытого берега (эффективные ветры от СЗ до ЮЗ) состав наносов береговой зоны и дюн указывает на их «морское» происхождение и быструю транспортировку в сторону суши. Признаки этого - меньшая гранулометрическая дифференциация, мономинеральный (кварц - 97-100%) состав песков, присутствие обломков карбонатных пород, обнажающихся в береговой зоне, и большая угловатость зерен кварца.

В 1976-2022 гг. для всех МЛД ячеек был характерен дефицит наносов, что вызвало отступление тылового шва пляжа (20-170 м), размыв и/или дефляцию первичных дюн (все существовавшие в 2022 г. первичные дюны сформировались не позже 1976 г.) и перевеивание параболических дюн. Особые условия сложились в МЛД ячейке, включающей трансгрессивное дюнное поле. В центре ячейки тыловой шов пляжа выдвинулся на 20-30 м, что указывает на слабо положительный баланс наносов. По данным дешифрирования и георадарных исследований для дюнных гряд, образующих трансгрессивное дюнное поле, было характерно импульсное движение. В 1976-1990 и 2003-2022 гг. они смещались (перекатывались) в сторону суши со средней скоростью 1.5-7 м/год, а в 1990-2003 гг. стабилизировались и/или увеличивались в размерах. Периоды движения дюн соответствуют этапам увеличения штормовой активности при положительных значениях индексов НАО и АО [8]. Датирование отложений одной из гряд в тылу массива (разрезы 029 и 049) показало их современный возраст. На юге района, в МЛД ячейке с резким дефицитом наносов, в периоды увеличения штормовой активности усиливалась дефляция и вынос на сушу крупных (0.5-1 и 1-2 мм) частиц. Выявленные закономерности послужили ключом при реконструкции периодов эоловой активности в голоцене.

Тыловые швы террас 4-5 м и 7-9.5 м н.у.м. ограничены абразионно-эрозионными уступами. Реликтовые дюны здесь не обнаружены. Основные тенденции долговременных изменений ОУМ и эоловой активности восстановлены по данным ¹⁴С датирования, литостратиграфических и аналитических исследований отложений озерных котловин с урезами 3.1 м (разрезы 045 и 046) и 9.1 м (скважина Sht6) н.у.м., а также затопленного марша (разрез 054; 1.4 м н.у.м.).

¹ Использована гранулометрическая классификация ВНИИОкеангеологии [2].

В нижней части керна скважины Sht6, пробуренной у тылового шва террасы 7-9.5 м н.у.м., вскрыта трансгрессивно-регрессивная последовательность осадков (снизу вверх): средне- и мелкозернистые пески; сизо-серые алевриты с тонким детритом раковин; мелкозернистые пески. Пески сменяются переслаиванием торфа и алеврита с включением мелкозернистого песка, единичными пресноводными диатомеями и цистами золотистых водорослей (6.65-6.85 м н.у.м.; дата из кровли ~9.2 тыс. кал. л.н.), а затем торфом с линзами мелко- и среднезернистого песка в подошве (~8.5 тыс. кал.л.н.). Выше торф почти не содержит минеральных частиц (ППП - 97-100%). Мы сопоставляем переслаивание алеврита и торфа как слой, переходный между аллювиально-морскими (в тылах эстуария) и озерно-болотными обстановками накопления осадков. В устье реки (разрез 042) кровля аллювиально-морских песков расположена на тех же высотах. Таким образом, дата ~9.2 тыс. кал.л.н. маркирует начало понижения ОУМ после его максимума (6.7-6.9 м н.у.м.) на раннем этапе трансгрессии Тапес [3; 7]. Включения песков в подошве торфа указывают на активизацию эолового выноса при понижении ОУМ и умеренных ветрах, а резкое уменьшение содержания в торфе минеральных частиц - на удаление озерной котловины от берега, вызванного дальнейшим понижением ОУМ (вероятно, ниже современного).

Эпизод повышение ОУМ до современного ~2.1 тыс. кал.л.н., сопровождавшийся штормами, зафиксирован в разрезах 045 и 046 эрозионным контактом между немymi алевритами и субазральными органо-минеральными слоями. Единичные находки в зоне контакта обломков морских диатомей и спикул губок, также указывают на штормовые забросы в котловину прибрежного озера. В органо-минеральных отложениях по увеличению содержания песка, в том числе зерен 0.5-2 мм, фиксируются этапы активной дефляции (~1.4-1.0, ~0.9-0.6 и позже ~0.3-0.4 тыс. кал.л.н.).

Незначительное (не более 0.5 м) повышение ОУМ в последние ~1.4 тыс. кал.л.н., установленное по дате из затопленных морем маршевых отложений (разрез 054), могло стать причиной эрозии берегов и деградации современных дюн.

Таким образом, на Канинском берегу Белого моря периоды активизации эолового выноса песка из береговой зоны на сушу в голоцене (8.5-8.3, ~1.4-1.0, ~0.9-0.6, позже ~0.3-0.4 тыс. кал.л.н.) и в последние десятилетия (1976-1990 и 2003-2022 гг.) в целом соответствуют этапам высокой штормовой активности Северной Атлантики, связанными с ритмами атмосферной и океанической циркуляции [8; 10]. Дефляция активизировалась как при понижении (~8.5 тыс. кал.л.н.), так и при очень слабом повышении (после ~1.4 тыс. кал.л.н.) ОУМ. Эоловая аккумуляция и рост дюн происходят при положительном балансе наносов в периоды уменьшения штормовой активности. Первичные дюны и дюнные гряды трансгрессивного дюнного поля в устье р. Шойны имеют современный возраст и находятся в стадии деградации.

Полевые исследования проведены при поддержке проекта РНФ 22-27-00499. Палеолимнологические исследования частично поддерживались проектом Минпросвещения РФ (№ FSZN-2020-0016). Геоморфологический анализ выполнен по теме ГЗ ИГ РАН № FMWS-2024-0005. Аналитические исследования отложений проведены в рамках ГЗ: ФИЦКИА УрО РАН № FUUW-2025-0013 (гранулометрический анализ, определение содержания органического вещества), ИО РАН № FMWE-2024-0020 (анализ морфологии кварцевых зерен), НИЛ геоэкологии Севера географического факультета МГУ № 121051100167-1 (диатомовый анализ).

Список литературы

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 2. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / под ред. Глуховского Б.Х., Терзиева Ф.С. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.

2. Журавлёв В.А., Куприн В.Ф., Лукьянова Л.И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Сер. Мезенская. Лист Q-38 – Мезень. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 311 с.
3. Колька В.В., Корсакова О.П. Положение береговой линии Белого моря и неотектонические движения на северо-востоке Фенноскандии в позднеледниковье и голоцене // Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017. С. 222–249.
4. Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.
5. Репкина Т.Ю., Леонтьев П.А., Вяткин Е.Д., Гуринов А.Л., Кублицкий Ю.А., Крехов А.К., Луговой Н.Н., Орлов А.В., Яковлева А.П. Прибрежные дюны Белого моря: типизация, распространение и тенденции развития в голоцене // Вопросы географии. Т. 160. М.: Медиа-ПРЕСС, 2025. С. 184–209.
6. Bagnold R. The Physics of Blown Sand and Desert Dunes. New York: Methuen, 1941.
7. Baranskaya A., Khan N., Romanenko F., Roy K., Peltier W., Horton B. A postglacial relative sea-level database for the Russian Arctic coast // Quart. Sci. Rev. 2018. Vol. 199. P. 188–205.
8. Myslenkov S., Medvedeva A., Arkhipkin V., Markina M., Surkova G., Krylov A., Dobrolyubov S., Zilitinkevich S., Koltermann P. Long-term statistics of storms in the Baltic, Barents and White Seas and their future climate projections // Geography, Environment, Sustainability. 2018. Vol. 11. Iss. 1. P. 93–112. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2018-11-1-93-112>
9. NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI). 2003. Data from meteorological stations (RSM00022271, SOJNA). Accessed on May 1, 2023. URL: https://www.ncei.noaa.gov/pub/data/ghcn/daily/by_station
10. Sorrel P., Debret M., Billeaud I., Jaccard S., McManus J., Tessier B. Persistent non-solar forcing of Holocene storm dynamics in coastal sedimentary archives // Nat. Geosci. 2012. Vol. 5. P. 892–896. <https://doi.org/10.1038/ngeo1619>

ДИНАМИКА УРБОЭКОСИСТЕМ ПОВОЛЖЬЯ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Рассмотрены свойства почв и культурных слоев урбоэкосистем Поволжья, способные записывать и сохранять информацию об изменениях в почвенных процессах, которые обусловлены изменениями в одном или нескольких факторах почвообразования. На основании интерпретации этих почвенных свойств (морфологических, химических и физико-химических) и в соответствии с данными существующих исследований сделаны выводы о смене теплых и умеренно сухих условий средневекового климатического оптимума на более аридные на рубеже XVIII-XIX вв. и более влажные современные в Среднем и Нижнем Поволжье.

Ключевые слова: палеоэкологические реконструкции, реликтовые признаки почв, трансформация ландшафтов

R.A. Reshetnikova, N.O. Kovaleva

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russiarada3025@mail.ru**DYNAMICS OF THE VOLGA REGION URBAN ECOSYSTEMS IN THE LATE HOLOCENE**

The properties of soils and cultural layers of the Volga region urban ecosystems, capable of recording and storing information about changes in soil processes caused by changes in one or more factors of soil formation, are considered. Based on the interpretation of these soil properties (morphological, chemical, and physico-chemical) and in accordance with existing research data, conclusions have been drawn about the change of warm and moderately dry conditions of the medieval climatic optimum to more arid ones at the turn of the XVIII-XIX centuries and more humid modern ones in the Middle and Lower Volga region.

Keywords: paleoecological reconstruction, soil relic properties, landscape transformation

В работе рассматриваются почвы урбоэкосистем Среднего и Нижнего Поволжья, формирующиеся на литологически неоднородных отложениях. Исследования проводились в рамках междисциплинарной экспедиции «Флотилия плавучих университетов» [3]. Исследования свойств почв и культурных слоев (КС) поселений и выполненные по ним палеоклиматические реконструкции конкретизируют существующие представления о направлении природной эволюции ландшафтов в разных частях долины Волги. Изучены почвенные разрезы с КС разного возраста: средневековыми - на Нижней Волге (стратоземы Водянского городища); времен немцев Поволжья (XVII-XIX вв.) – на Средней и Нижней Волге (солонцы); а также фоновые почвы. В Саратовской области изучены каштановые почвы у села Нижняя Банновка, основанного в XVIII в. В Волгоградской области в ландшафтах сухой степи в качестве объектов исследования выбраны солонцы светлые и стратозем светлогумусовый у сел Щербаковка и Галка, бывших колоний немцев Поволжья, а также стратоземы светлогумусовые Водянского городища у города Дубовка (один из крупных и благоустроенных городов Орды в XII–XIV вв., а в XVII-XIX вв. – основной пункт Волго-Донской «переволоки»).

Методы исследования включали анализ морфологических свойств почв, состава водной вытяжки, электропроводности почв (прибором Land Mapper), гранулометрического состава почв (методом пипетки Качинского-Робинсона-Кехля, с обработкой почвенных образцов пирофосфатом натрия), валового химического состава почв (методом

рентгенофлуоресцентной спектроскопии), удельной магнитной восприимчивости (каппаметром КТ-5), изотопного состава углерода почв на масс-спектрометре Thermo-Finnigan Delta V Plus IRMS, минералогического состава крупной фракции по сокращенной методике Горбунова.

В почвах Среднего и Нижнего Поволжья ясно различаются КС средневековья, имеющие более темный цвет, с элементами зернистой структуры, содержащие артефакты, и КС XVIII-XIX века, плотные, имеющие столбчатую структуру, белесые, слабо гумусированные. КС обнаруживают накопление всех групп фосфора (общего, минерального, органического) по сравнению с природными аналогами. Повышенные величины содержания органического фосфора коррелируют с величинами содержания органического углерода, магнитной восприимчивости и изотопных отношений, но само содержание фосфора является индикатором антропогенной деятельности и инструментом выделения КС.

Электропроводность в почвенных пастах, а также результаты анализа водной вытяжки демонстрируют, что КС средневековья относятся к незасоленным почвам, а КС поселений времен поволжских немцев – к средnezасоленным. Все фоновые почвы относятся к незасоленным и слабозасоленным. Тип засоления - сульфатный и хлоридно-сульфатный. В почвах Среднего Поволжья наблюдаются процессы рассоления профиля, а в стратоземе Нижнего Поволжья несколько этапов засоления-рассоления, что говорит о контрастном режиме увлажнения. Ритмичность этих процессов следует за изменениями климата и осложняется антропогенным воздействием. Засоление максимально в средней части профиля, где по величинам валового состава зафиксированы перерывы в почвообразовании.

Валовой состав обнаруживает, что почвенная толща литологически неоднородна, о чем свидетельствуют различия в индексах Ti/Zr и Ti/Al. Перерывы в почвообразовании и осадконакоплении показывают и индексы Ba/Sr и Rb/Sr. Они ассоциируются с повышением интенсивности выщелачивания, и с интенсивностью гидролитического выветривания, которые различаются в разные периоды седиментации и преобразования отложений. В эпохи с повышенным количеством осадков процесс выщелачивания был выражен сильнее. Значения коэффициентов повышены в КС средневековья и солонцовых горизонтах (табл. 1).

Таблица 1. Химические свойства почвенных горизонтов и культурных слоев разного возраста

Г-т	Гл-на, см	Возраст	Сорг, %	Рорг, мг/кг	МВ, $X \cdot 10^{-8}$, кг/м ³	Кл	n	SiO ₂	Rb/Sr	Ba/Sr	CIA-K
B1, Каштановая солонцеватая почва, д. Нижняя Банновка, Саратовская обл.											
AJ	0-16	XX-XXI вв.	3,03	465	10,8	0,2	1,9	64,6	0,6	1,4	72
BMK	16-51	XVIII-XIX вв.	1,65	355	21,2	0,3	2	49,6	0,5	1,5	67
B	51-78		2,56	289	19,9	0,2	1,6	56,6	0,4	1,3	59
[A1]	78-87		2,43	1243	22	0,4	1,4	52,1	0,5	1,3	63
BCA	87-95		1,26	153	11,3	0,3	1,7	54,7	0,6	1,6	68
[A2]	95-125		1,98	0	19,9	0,2	1,7	56,4	0,7	2,3	72
[A2]	125-160		2,7	469	26,7	0,4	1,4	56,9	0,6	1,9	73
B2, Солонец светлый, д. Щербаковка, Волгоградская обл.											
AJ	0-15	XX-XXI вв.	2,26	307	16	0,3	1,4	56,9	0,5	1,8	66
Abel	15-32	XVIII-XIX вв.	1,23	165	18,5	0,2	1,4	48,7	0,5	2	63
BSN	32-78		0,69	177	26,1	0,2	2,1	48,6	0,7	2,9	75
BCca	78-110		0,37	165	14,5	0,3	2,2	51,8	0,6	2,6	70
B4, Солонец светлый, д. Галка, Волгоградская обл.											
AJ1	5-30	XX-XXI вв.	1,35	368	13,3	0,5	1,2	58,7	0,4	1,6	73

Г-т	Гл-на, см	Возраст	Сорг, %	Рорг, мг/кг	МВ, $X \cdot 10^{-8}$, кг/м ³	Кл	n	SiO ₂	Rb/ Sr	Ba/ Sr	CIA- К
AJ2	30-49	XVIII-XIX вв.	4,06	714	23,7	0,4	1,2	49,7	0,5	1,9	68
EL	49-53		1,44	419	64,5	0,7	1,7	65,1	0,8	2,9	82
Bsn	53-85		0,89	360	39,8	0,4	1,4	57,4	1	3,2	87
B5, Стратозем светло-гумусовый на каштановой почве, д. Дубовка, Волгоградская обл.											
AJ	0-15	XX-XXI вв.	1,49	269	34,1	0,1	1,1	67,6	0,5	2,1	70
KC	15-35	XII-XIV вв.	1,74	529	40,7	0,3	1	58,2	0,4	1,9	68
RJ1	35-70		1,29	490	22,7	0,3	1,1	59,9	0,2	1,1	54
RJ2	70-110		0,77	0	14,2	0,1	1,5	58	0,2	1,8	61
[A]	110-175		0,74	65	22,4	0,2	1,4	59	0,5	2,6	72

Неоднородность материала почвенных горизонтов обусловлена в том числе неоднородностью пород: коренные и ледниковые отложения, на которых формировались почвы, перекрывались морскими и аллювиальными осадками в эпохи трансгрессий Каспия и субаэральными овражно-балочными суглинками в эпохи отступления моря. Генезис отложений подтверждается минералогическим составом крупной фракции, в котором преобладают кварц, эпидот, также встречаются глауконит, рутил, гранат, роговая обманка и другие минералы.

Преобладающими фракциями гранулометрического состава в почвах Поволжья являются мелкий песок и крупная пыль. Высокое содержание ила характерно для солонцовых горизонтов. Самое высокое содержание песка (до 50%) наблюдается во всех горизонтах стратозема (B5) в Нижнем Поволжье. Содержание песка во всех разрезах повышается в поверхностных горизонтах, и к ним же приурочены самые высокие величины содержания оксида кремния (до 70%), по которому установлен водно-седиментационный генезис отложений [4].

Для большинства остальных горизонтов Среднего и Нижнего Поволжья установлен пролювиальный и делювиальный генезис (48-62% оксида кремния), что говорит об активизации склоновых процессов. Подтверждением этого вывода являются высокие величины среднего диаметра песчаных компонентов и их неотсортированность (n). Слабая отсортированность отмечается только в нижней части разреза в солонце (B2), в верхней части фоновой каштановой почвы B2ф, и в верхней части разрезов каштановой почвы и агрозема (B1, B1ф2), что свидетельствует об участии воды в формировании этих слоев (табл. 1).

Значения коэффициента облессованности Кл, равного соотношению в почвах крупной пыли к физическому песку [2], лежат в пределах 0,1-0,7 (среднее значение 0,35). В большинстве почв Кл соответствует слабооблессованным почвам, менее подверженным криогенному выветриванию. По высоким величинам Кл и корреляции содержания оксида кремния со степенью отсортированности песчаных частиц диагностируется аллювиальная или даже морская прослойка на фоне слоев делювиально-пролювиального генезиса. В трех разрезах (B1, B4, B5) прослеживается высокая обратная корреляция содержания SiO₂ и тяжелого изотопа углерода ¹³C, что может быть связано с условиями осадконакопления и почвообразования: активизация деятельности текучих вод приносит песчаные частицы, а в результате повышенной влажности облегчаются изотопные величины.

Магнитная восприимчивость почв имеет максимумы в средневековых слоях (37-41 $X \cdot 10^{-8}$, кг/м³), в солонцовых горизонтах (21-39 $X \cdot 10^{-8}$, кг/м³) и в поверхностных гумусовых горизонтах (11-69 $X \cdot 10^{-8}$, кг/м³). Повышение магнитной восприимчивости в солонцовых горизонтах связано с накоплением дисперсных ферромагнитных минералов, ассоциированных с илистой фракцией.

Для реконструкции количества осадков были использованы геохимический коэффициент CIA-K ($MAP\_CIA=221.1e0.0179\ CIA-K$, [5]) и магнитная восприимчивость почв ($MAP\_MS=86,4Ln\ (XB-XC) +90$, [1]). По значениям CIA-K рассчитано количество палеоосадков (разброс значений от 504 до 1162 мм), обнаруживающее корреляцию в разрезах B1, B2, B4, B5 с количеством палеоосадков, рассчитанных по магнитной восприимчивости почв (разброс значений от 110 до 472). По результатам расчетов осадков выявляется умеренно сухой период средневековья, засушливый период формирования культурных слоёв русских и немецких поселений (в Малый ледниковый период) и современная умеренно влажная среда.

Солонцовым горизонтам Среднего и Нижнего Поволжья характерны более «тяжелые» изотопные величины ($-23 - -24,2\ ‰$) (рис. 6), что является показателем аридности климата. Средневековые КС также показывают сухие ($-23,2 - -24\ ‰$) условия среды, хотя повышенная магнитная восприимчивость и индексы выщелачивания (0,4) и гидролитического выветривания (1,9) соответствуют умеренной увлажнённости климата.

Почвообразование в регионе Поволжья протекает в генетически неоднородных отложениях – морских и переотложенных ледниковых, перекрытых субаэральными покровными лессовидными суглинками и аллювиальными отложениями. Во второй половине голоцена фиксируются перерывы в почвообразовании и активизация делювиальных процессов. КС поселений отличаются по характеру записи информации от фоновых и погребенных почв наличием артефактов антропогенной деятельности, высоким содержанием органического фосфора, углерода, повышенными величинами магнитной восприимчивости, неравномерным характером распределения изотопных отношений. При этом урбопризнаки не стирают полностью реликтовые черты природной эволюции, а иконоподобно наложены на них.

В Нижнем Поволжье горизонты и КС средневекового возраста формировались в теплых и умеренно сухих условиях климатического оптимума. Малый ледниковый период начался усилением процессов аридизации климата, в том числе благодаря активизации антропогенной деятельности. К современности увлажнённость климата в Поволжье нарастает.

Работа выполнена в рамках государственного задания МГУ № 1220800459-3.

Список литературы

1. Алексеев, А.О., Алексеева Т.В., Махер Б.А. Магнитные свойства и минералогия соединений железа в степных почвах // Почвоведение. 2003. № 1. С. 62–74.
2. Гусев В.В. Зависимость плотности дерново-подзолистой почвы на моренных суглинках от степени ее облессованности и размеров отобранных образцов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 1990. № 2. С. 47–52.
3. Иванов А.В., Яшков И.А., Грачев В.А., Плеве И.Р., Смуров А.В., Сочивко А.В., Снакин В.В. Эволюционная урбанистика Поволжья и Прикаспия в музейном пространстве. Исследования сетей поселений в рамках проекта «Флотилия плавучих университетов». Путеводитель и каталог совместных экспозиций Музея естествознания Саратовского государственного технического университета имени Ю. А. Гагарина и Музея землеведения Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Москва: Издательство Московского университета; МАКС Пресс, 2020. 100 с.
4. Мавлянов Г.А. Генетические типы лессов и лессовидных пород центральной и южной частей Средней Азии и их инженерно-геологические свойства. Ташкент: Изд-во Акад. наук УзССР, 1958. 609 с.
5. Goldberg K., Humayun M. The applicability of the Chemical Index of Alteration as a paleoclimatic indicator: An example from the Permian of the Paraná Basin, Brazil // Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecol. 2010. Vol. 293. Iss. 1. P. 175–183.

СУБРЕЦЕНТНЫЕ ПАЛИНОСПЕКТРЫ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ КАК ОСНОВА ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ

В данной работе анализируется состав палиноспектров, выделенных из 39 образцов поверхностного слоя почв и мхов различных растительных сообществ в Тунгусском природном заповеднике и его окрестностях (Эвенкийский район, Красноярский край), на предмет адекватности отражения ими флористического состава современной растительности изучаемой территории. Установлено, что, несмотря на широкое распространение лиственницы в различных типах лесов района исследования, основными компонентами спектров является пыльца *Betula* sect. *Albae* и, в меньшей степени, - *Pinus sylvestris* и *Pinus sibirica*, тогда как доля пыльцы *Larix* занижена и составляет от 0% в спектрах из березняков до 7,5% в спектрах из сомкнутых лиственничников. Доля пыльцы *Picea* наиболее высока в спектрах из сомкнутых ельников (до 13,4%) и существенно ниже в спектрах других лесных сообществ, особенно березовых (не более 1%). Суммарная доля пыльцы *Pinus* в сосновых лесах составляет в среднем чуть более 45%. За пределами сосняков, в некоторых точках опробования в болотных биоценозах ее доля повышается до максимума в 63,6% и, наоборот, снижается до минимума (в среднем до 20%) в спектрах из березовых редколесий. Состав пыльцы травянистых растений и спор существенно зависит от локального растительного сообщества.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой спектр, пыльца, фитоценоз, современная растительность, Средняя Сибирь

O.V. Rudenko¹, E.Yu. Novenko², A.A. Chepurayaya², L.V. Krivobokov³

¹Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

²Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

³V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, Russia

olrudenko2011@yandex.ru

SUBRECENT SPORE-POLLEN SPECTRA FROM MIDDLE TAIGA FORESTS OF CENTRAL SIBERIA AS A BASIS FOR PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS

This paper analyzes the composition of spore-pollen spectra of 39 samples of the surface layer of soils and mosses collected in various plant communities in the Tunguska Nature Reserve and its environs (Evenki District of Krasnoyarsk Region) for the adequacy of their reflection of the floristic composition of modern vegetation in the study area. It was found that, despite the widespread distribution of larch in various types of forests within the study area, the main components of the spectra are pollen of *Betula* sect. *Albae* and, to a lesser extent, *Pinus sylvestris* and *Pinus sibirica* pollen, while the proportion of *Larix* pollen is underestimated and ranges from 0% in the spectra from birch forests to 7,5% in the spectra from larch forests with high canopy density. The proportion of *Picea* pollen is highest in the spectra from dense spruce forests (up to 13,4%) and significantly lower in the spectra of other forest communities, especially birch (not more than 1%). The total proportion of *Pinus* pollen within its habitat is on average slightly more than 45%. Outside the habitat, at some sampling points in bog biocenoses, its proportion increases to a maximum of 63,6% and, conversely, decreases to a minimum (on average to 20%) in the spectra from birch communities. The composition of pollen of herbaceous plants and spores depends significantly on the local plant community.

Keywords: spore-pollen spectrum, pollen, phytocenosis, modern vegetation, Central Siberia

Наличие надежной актуалистической базы – это необходимое условие для применения палинологического анализа в палеогеографических исследованиях и правильной интерпретации результатов. Корректные палеореконструкции невозможны без понимания локальных и региональных особенностей формирования рецентных и субфоссильных палиноспектров (далее в тексте ПС) в поверхностном слое почв и мхов, и того, насколько адекватно они отражают локальный и региональный состав растительности. Установить взаимосвязь между компонентами поверхностных ПС и видовым составом растительности легче, если палинологический анализ проводить в комплексе с ботаническим описанием растительности. В настоящее время такие исследования активно ведутся в труднодоступных районах криолитозоны Средней Сибири [1; 2]. В данной работе обсуждаются результаты изучения состава 39 поверхностных ПС, полученных в 8 различных растительных сообществах на правом берегу реки Подкаменная Тунгуска в окрестностях села Ванавара. Цель работы – выявление степени адекватности состава ПС составу современной растительности района исследования. Отобраны верхние 1-2 см почвы и 3-5 см живых мхов из центральной части моховых подушек.

Локальная растительность в точках отбора проб. Растительный покров изучаемого района представляет мозаику из среднетаежных сосновых (*Pinus sylvestris* L.) и лиственнично-сосновых лесов (*Larix sibirica* Ledeb.), кустарниковых зарослей *Betula exilis* Sukaczew, преимущественно мерзлых торфяников и темнохвойных лесов из *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour и *Abies sibirica* Ledeb. в речных долинах [1].

Точки опробования №1-6 заложены в заливаемом в паводок хвощово-грушанково-мелкотравно-зеленомошном ельнике с общей сомкнутостью крон 0.5-0.8. В разреженном подросте *Abies sibirica* и *Betula pendula* Roth., в подлеске – *Picea obovata*, *Sorbus sibirica* Hedl. Сосняки сомкнутые опробованы на пяти точках (№7-11; сомкнутость крон 0.5-0.7). Семь пробных площадок (№12-18) заложены в сомкнутых лиственничниках (0.5-0.7) со следами природных нарушений, вызванных низовыми пожарами со сроком давности 30-50 лет назад. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, представленного преимущественно *Ledum palustre* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., различными злаками и хвощом (*Equisetum pratense* Ehrh.), 30-50%. Две пробные площадки заложены в сомкнутом березняке (точки №19-20), еще две (точки №33-34) – в березовой редине. Основа сообщества – *Betula pendula* с подростом из *Picea obovata*, *Abies sibirica* и кустарниковым подлеском из *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, *Populus tremula* L., *Salix* sp. и *Rosa acicularis* Lindl. Таежные смешанные сообщества (пробные площадки №21-28) образованы преимущественно *Larix sibirica* с подростом из *Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Betula pendula* и *Pinus sylvestris*. В подлеске – *Duschekia fruticosa* и *Betula exilis*, а в кустарничковом покрове – *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum* L., *Pyrola rotundifolia* L.; в моховом покрове доминируют *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. и *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr. Четыре точки опробования (№29-32) заложены в пределах заливаемой весенней верховодкой лиственничной редины ерниковой осоково-бруснично-зеленомошной с подростом из березы кустарниковой, ели и ольховника и кустарниковым ярусом из различных видов *Salix* sp., *Rosa acicularis*. Много *Ledum palustre*, встречается *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Vaccinium vitis-idaea*. Пробные площадки №35-39 заложены на ерниково-багульниково-сфагново-лишайниковом верховом болоте (многолетнем бугре пучения) с ковром из *Cladonia rangiferina* (L.) F.H. Wigg., *Betula exilis* и ерикоидных кустарничков. Одна проба взята в термокарстовой мочажине, занятой пушицево-сфагновым болотом с *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia* L., *Oxycoccus palustris* Pers.

Результаты анализа. ПС, образуемые растительными сообществами различного типа, довольно заметно отличаются друг от друга, что наглядно показывает кластерный анализ (рис. 1). В 46,2% изученных ПС суммарная доля пыльцы древесных растений (AP, arboreal pollen) превышает 70-80%, еще в 30,1% ПС ее доля превышает 90%. Вместе с тем, диапазон вариаций пыльцы древесных растений весьма значительный (табл. 1).

Содержание в ПС пыльцы *Pinus sylvestris* (до 63,6%, в среднем 29%) значительно

выше доли пыльцы *Pinus sibirica* (0,2-45%, в среднем 9%), особенно в смешанных хвойных лесах (Раз), где участие сосны обыкновенной в древостое выше.

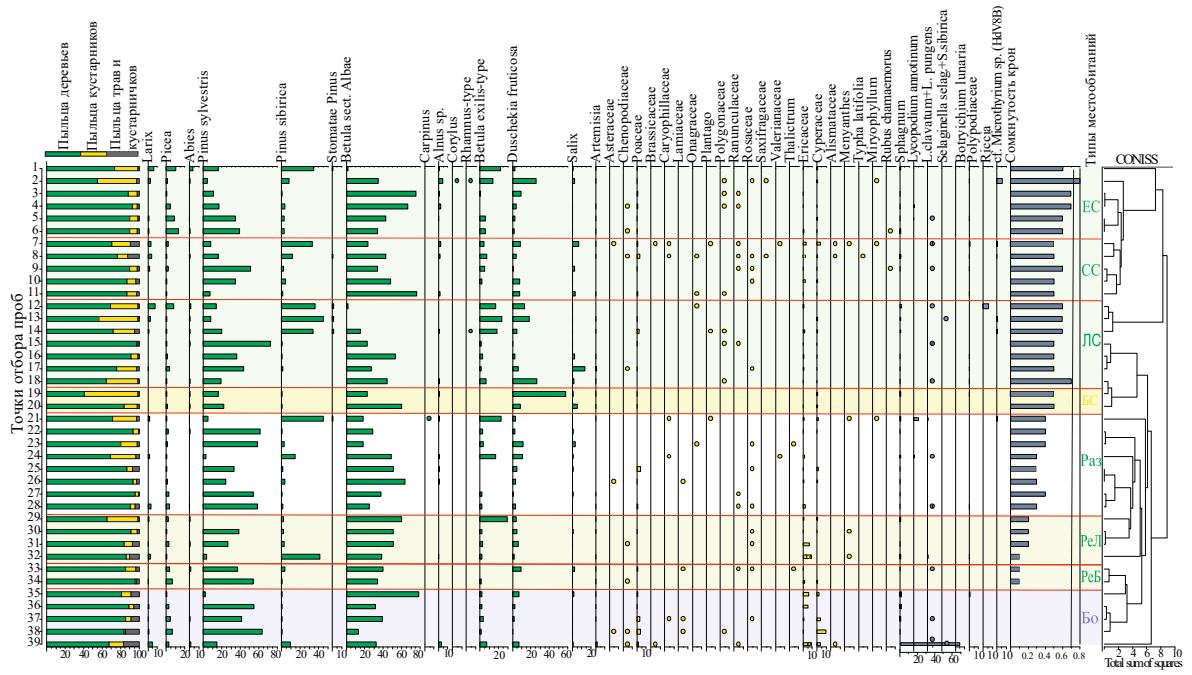


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма поверхностных проб ключевого участка «Ванавара». Типы местообитаний: ЕС – ельники сомкнутые, СС – сосняки сомкнутые, ЛС – лиственничники сомкнутые; Раз – разреженные леса без дифференциации по породному составу; РеЛ – лиственничные редины; РеБ – редкостойные березняки; Бо – болота

Таблица 1. Диапазон и средние значения доли пыльцы основных лесообразующих древесных и кустарниковых растений в ПС участка «Ванавара»

Пыльцевой таксон	Диапазон значений*, %	Среднее значение**, %
<i>Larix sibirica</i> + <i>L.cf. gmelinii</i>	0,2 – 7,5	1,2
<i>Picea obovata</i>	0,2 – 13,4	2,6
<i>Pinus sibirica</i>	0,2 – 45	9
<i>Pinus sylvestris</i>	2,4 – 63,6	29
<i>Abies sibirica</i>	0,2 – 3,9	0,4
<i>Betula</i> sect. <i>Albae</i>	2,0 – 78,5	38
<i>Duschekia fruticosa</i>	0,4 – 57,3	7,7
<i>Betula</i> sect. <i>Nanae</i>	0,4 – 29,1	6,1
<i>Salix</i> sp.	0,2 – 13,6	1,4

Примечание: *Диапазон значений указан только для тех образцов, в которых пыльца этой древесной породы была обнаружена;
**Среднее значение для всей выборки (39 поверхностных ПС)

Доля пыльцы *Pinus sylvestris* увеличивается в местообитаниях с разреженным пологом и на безлесных участках. Суммарная доля пыльцы обоих видов сосен в пределах ареала их произрастания составляет в среднем чуть более 45%. За пределами ареала, в некоторых точках опробования в болотных биоценозах ее доля повышается до максимума в 63,6% и, наоборот, снижается до минимума (в среднем до 20%) в ПС из березовых сообществ. Пыльца *Larix* встречена в ПС из 22 пробных площадок, во всех сообществах, кроме березняков, и лишь единично – в сомкнутых сосновых лесах. Максимальное количество пыльцы *Larix* достигает лишь 7,5% даже в ПС из сомкнутых лиственничников, что свидетельствует о существенном занижении ее роли в ПС в сравнении с долей ее участия в фитоценозе, что уже было неоднократно отмечено в других палинологических работах. Пыльца *Picea*

обнаружена на всех пробных площадках в количестве от 0,2 до 13,4% (в среднем 2,6%), но в ПС из сомкнутых ельников ее доля возрастает в несколько раз (до 13,4% максимально и 6,4% в среднем).

В ПС из редкостойных березовых лесов с зарослями ольховника в кустарниковом ярусе содержание пыльцы *Duschekia fruticosa* достигает максимума в 57,3%, а в хвойных лесах резко снижается, особенно в лиственничниках, варьируя в диапазоне от 2,2 до 26,2%. Пыльца *Betula exilis* в среднем значении чуть более 6% встречена в ПС всех типов лесных сообществ, за исключением березняков. В ПС из сообществ мерзлых торфяных бугров, где она наиболее обильна в растительном сообществе, ее значение в ПС маскируется высокой долей заносной пыльцы сосны, составляя всего 0,9-7,4%.

Пыльца травянистых растений (НАР) содержится в незначительных количествах, хотя и разнообразна по составу (Рисунок). В ПС лесных сообществ ее суммарная доля варьирует в пределах от 0,6 до 12,2%, в ПС торфяных бугров и мочажин увеличивается до 5,9-17%. Доминирует пыльца растений семейств Роасеае и Сурегасеае (до 3,4% и 9,7%, соответственно) и Егисасеае (до 5,6%). Группа спор бедна по составу и количественно, за исключением ПС с пробной площадки в мочажине, где доля *Sphagnum* составила 63,9%.

Выводы. Проведенное исследование позволило установить, что изученные ПС в целом, отражают характерные черты современных фитоценозов и их вариации на изучаемой площади. Однако, несмотря на широкое распространение лиственницы в различных типах лесов района исследования, основные компоненты ПС другие – пыльца *Betula* sect. *Albae* и, в меньшей степени, *Pinus sylvestris* и *Pinus sibirica*, а доля пыльцы *Larix* сильно занижена, хотя и достигает максимума в ПС из сомкнутых лиственничников. Доля пыльцы *Picea* наиболее высока в спектрах из сомкнутых ельников и существенно ниже в спектрах других лесных сообществ, особенно березовых. Очевидно, что доля пыльцы сосны, особенно сосны обыкновенной, и березы завышена по отношению к их участию в составе лесов различного типа.

Состав пыльцы недревесных растений более адекватно отражает локальный фитоценоз. В ПС выявлена пыльца травянистых растений, характерных для таежных лесов, торфяников (*Drosera rotundifolia* L., *Menyanthes trifoliata* L.) и лугов, а также индикаторы нарушенных почв и уплотненных субстратов (споры печеночных мхов рода *Riccia*, *Polygonum aviculare*) и гарей (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.).

Суммируя вышеизложенное, отметим, что выявленные несоответствия между составом изученных растительных ассоциаций и их ПС во многом объясняются различиями в величине пыльцевой продуктивности растений, морфологических особенностей пыльцевых зерен, степени их приспособленности к переносу от растений-продуцентов, устойчивости пыльцевых оболочек к разложению, что обязательно должно быть учтено при интерпретации фоссильных данных. Интерпретация фоссильных ПС и реконструкция состава хвойных сообществ на исследуемой территории в прошлом будут более достоверными, если в дополнение к палинологическому анализу проводить анализ макроостатков или, в случае невозможности, тщательно фиксировать присутствие и обилие в спектрах стомат (Stomatae) сосны и ели, подтверждая тем самым их участие в составе палеофитоценозов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Novenko E., Mazei N., Shatunov A., Chepurnaya A., Borodina K., Korets M., Prokushkin A., Kirdyanov A. Modern Pollen–Vegetation Relationships: A View from the Larch Forests of Central Siberia // Land. 2024. Vol. 13. P. 1939. <https://doi.org/10.3390/land13111939>
2. Novenko E., Mazei N., Kupriyanov D., Filimonova L., Lavrova N. Subfossil spore-pollen spectra from larch forests of Central Evenkia: Special aspects of interpretation for paleoecological

research purposes // Russ. J. Ecol. 2021. Vol. 52. P. 429–437.

А.И. Рудинская, Е.А. Константинов
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
anna.rudinskaya@igras.ru

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ОБ УСЛОВИЯХ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПЛЕЩЕЕВОМ ОЗЕРЕ (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ) В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Проведенное глубоководное бурение в акватории Плещеева озера позволило впервые получить непрерывную 22-метровую колонку донных отложений. Литолого-геохимический и диатомовый анализы выявили пять слоев, соответствующих разным палеоэкологическим условиям. Предварительные результаты свидетельствуют о минимум четырех этапах смены режимов осадконакопления в течение позднего плейстоцена и голоцена.

Ключевые слова: донные отложения, палеолимнология

A.I. Rudinskaya, E.A. Konstantinov
Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
anna.rudinskaya@igras.ru

PRELIMINARY DATA ON SEDIMENTATION CONDITIONS IN PLESHCHEYEV LAKE (YAROSLAVL REGION) IN THE LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE

Deep drilling of the bottom sediments of the Lake Pleshcheyevo allowed us for the first time to obtain a continuous 22-meter column of bottom sediments. Lithological, geochemical and diatom analyses revealed five layers corresponding to different paleoecological conditions. Preliminary results indicate at least four stages of the change of sedimentation regimes during the Late Pleistocene and Holocene.

Keywords: lake sediments, paleolimnology

Введение. Плещеево озеро — уникальный природно-культурный комплекс, имеющий высокую научную, экологическую и историческую ценность. Это одно из крупнейших и древнейших озер центра Восточно-Европейской равнины, сформированное около 150 тыс. лет назад [1]. Современные гидрологические и экологические характеристики озера изучены достаточно хорошо, однако палеоэкологические условия остаются малоисследованными. Существующие реконструкции охватывают в основном последние тысячелетия, а более ранние этапы практически не изучены из-за труднодоступности глубоководных отложений (глубина озера составляет более 20 м) для традиционных методов бурения.

Материалы и методы. В ходе совместных работ сотрудников Института географии РАН и кафедры геоморфологии Института наук о Земле СПбГУ с помощью буровой установки UWITEC была получена непрерывная колонка донных отложений озера Плещеева суммарной длиной 22 м из центральной глубоководной части акватории.

Были получены данные о литолого-геохимических характеристиках (влажности, плотности, содержании органического вещества и карбонатных соединений. Гранулометрическом составе и магнитной восприимчивости) и составе диатомовых комплексов для серии из 20 образцов, отобранных с шагом 1-2 м из буровой коронки во время извлечения кернов.

Результаты. Установлено, что донные отложения озера Плещеева в его центральной глубоководной части имеют следующее строение:

1. 0.0-6.3 м. Ил органо-минеральный. Влажность осадка снижается вниз по слою от 82 до 63%. Плотность сухого вещества повышается вниз по слою от 0.16 до 0.23 г/см³. В

гранулометрическом составе преобладает фракция алеврита (89-95%), содержание фракции глины составляет 5-10%, песка – менее 1%. Органическим веществом представлены 18 до 24% осадка, карбонатными соединениями – от 12 до 30%. Удельная магнитная восприимчивость осадка меняется в пределах от 0.04 до $0.16 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$.

2. 6.3-11.3 м. Ил карбонатный с примесью терригенного вещества. Влажность осадка уменьшается вниз по слою с 62 до 54%, плотность сухого вещества увеличивается с 0.40 до 0.58 г/см^3 . Содержание фракции алеврита от 87 до 91%, глины 8-12%, песка менее 1%. Содержание органического вещества снижается по сравнению с вышележащим слоем до 9-13%, содержание карбонатных соединений, напротив, возрастает и меняется в пределах от 62 до 82%. Удельная магнитная восприимчивость осадка повышается и меняется в пределах от 0.35 до $0.56 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$.

3. 11.3-15.7 м. Ил органо-минеральный. Влажность осадка составляет 67-68%, его плотность 0.35 - 0.41 г/см^3 . Фракция алеврита по-прежнему преобладает (85% силикатной части осадка), содержание глины достигает 9-10%, песка 4-5%. Содержание органического вещества достигает 14-17%, карбонатных соединений 6-7%. Значения удельной магнитной восприимчивости снижаются по сравнению с вышележащим слоем до 0.09 - $0.12 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$.

4. 15.7-20.5 м. Алеврит песчаный. Влажность осадка снижается вниз по слою от 32 до 23%, его плотность меняется в пределах от 1.43 до 1.62 г/см^3 . Содержание фракции алеврита варьирует в пределах от 47 до 63%, содержание глины незначительно увеличивается вниз по слою (от 4 до 7%), содержание песка вниз по слою уменьшается от 47 до 20%. Органическим веществом представлено от 1.7 до 2.5% осадка, карбонатными соединениями – от 2.5 до 8%. Удельная магнитная восприимчивость осадка значимо не меняется и составляет от 0.07 до $0.11 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$.

5. 20.5-22.0 м (видимая). Алеврит глинистый. Влажность осадка составляет 24–26%, плотность 1.5 – 1.6 г/см^3 . Фракция алеврита составляет около 77% силикатной части осадка, содержание глины около 9%, песка 14–17%. Содержание органического вещества около 3%, карбонатных соединений 5–7%. Значения удельной магнитной восприимчивости составляют от 0.13 – $0.14 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$.

Диаомовые комплексы в отложениях с глубин 0–6.3 м характеризуются преобладанием планктонных видов *Aulacoseira granulata*, *A. ambigua*, *Lindavia affinis*, *Stephanodiscus alpinus*, *S. neoastrea*. В интервале глубин 6.3–11.3 м увеличивается содержание створок бентических видов (*Iconella biseriata*, *I. hibernica*) и обрастателей (*Epithemia* spp., *Cymbella* spp., *Melosira varians*, *Staurosirella* spp.). В интервале глубин 11.3–15.7 преобладают планктонные диатомеи *Aulacoseira* spp., *Cyclotella* spp., *Pantocsekiella ocellata*, *Stephanodiscus* spp. В интервале глубин 15.7–22.0 м наблюдаются лишь единичные створки.

В настоящий момент мы не располагаем данными об абсолютном возрасте отложений описываемой колонки, однако в ходе предшествующих исследований позднеголоценовых донных отложений озера Плещеева [2] было установлено, что отложения с глубины 4 м из осевой глубоководной ложбины имеют возраст около 3500 кал.л.н. Таким образом, если мы предполагаем относительно сопоставимые скорости осадконакопления на протяжении голоцена, то отложения колонки суммарной длиной 22 м могут соответствовать концу позднего плейстоцена и голоцену. Имеющиеся предварительные данные о литолого-геохимических особенностях отложений и составе диатомовых комплексов указывают на силикатный тип накопления материала с глубинного интервала 15.7–22.0 м, причем, судя по гранулометрическому составу, во время накопления песчанистого алеврита с глубины 15.7–20.5 м условия осадконакопления были более динамичными. Во время накопления органо-минеральных илов с глубин 11.3–15.7 м озеро, судя по видовому составу диатомовых комплексов, характеризовалось глубоководными олиготрофно-мезотрофными условиями. На этапе накопления илов с глубин 6.3–11.3 м, по-видимому, существовали условия карбонатного типа осадконакопления. Для озер Восточно-Европейской равнины накопление карбонатных илов часто связано с климатическими условиями оптимума голоцена. Судя по

составу диатомовых комплексов, на этом этапе активная реакция среды в Плещеевом озере была щелочной, и глубина водоема несколько понизилась по сравнению с предыдущим этапом. Во время накопления отложений с глубины 0.0-6.3 м сформировались условия органо-силикатного накопления, судя по составу диатомовых комплексов, условия были глубоководными и олиготрофно-мезотрофными.

Заключение. Таким образом, предварительные данные, полученные благодаря глубоководному бурению в акватории озера Плещеева, позволяют предполагать как минимум четыре этапа смены условий осадконакопления в водоеме в позднем плейстоцене и голоцене.

Исследование выполнено при поддержке РФФ по проекту № 25-77-00115 «Динамика палеоэкологических обстановок Плещеева озера (Ярославская область) в позднеледниковье и голоцене».

Список литературы

1. Писарева В.В., Гунова В.С., Шук С.М. Древнее озеро Плещеево // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины. СПб.: Наука, 1998. С. 291–299.
2. Rudunskaya A., Konstantinov E., Shukhovostov R., Kuzmenkova N. Sedimentation rate in Lake Plescheevo in the Late Holocene // Limnology and Freshwater Biology. 2024. Iss. 4. P. 625–629. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-624>

ФИНАЛЬНЫЙ ЭТАП ЭОЛОВОГО НАКОПЛЕНИЯ В БАСЕЙНЕ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ШЕКСНЫ И ЕГО ОТРАЖЕНИЕ В СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПОЧВ

Исследование посвящено финальному этапу позднеплейстоценового эолового накопления в бассейне нижнего течения реки Шексны (северная часть Молого-Шекснинской низины), зафиксированного в профилях голоценовых почв. Период седиментации пылевато-супесчаного надморенного литологического слоя в почвенных профилях по данным ОСЛ-датирования этой толщи оказался близким и соответствует максимуму позднеплейстоценового оледенения или первым фазам его деградации (22–17 тыс. л.н.). Показано, что при интерпретации генезиса голоценовых почв на двучленных породах в перигляциальной зоне Русской равнины необходимо учитывать свойства исходной литогенной матрицы, неоднородность которой зачастую микширует проявления голоценового почвообразования.

Ключевые слова: позднеледниковье, лессоиды, голоценовый педогенез, ОСЛ-датирование

A.V. Rusakov¹, D.A. Shibanova¹, A.O. Makeev²

¹*Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*
spp-06@mail.ru

²*Moscow State University, Moscow, Russia*

THE FINAL STAGE OF AEOLIAN ACCUMULATION IN THE BASIN OF THE LOWER REACHES OF THE SHEKSNA RIVER AND ITS REFLECTION IN THE MORPHOLOGY OF SURFACE SOILS

The study is devoted to the final stage of the Late Pleistocene aeolian accumulation in the basin of the lower reaches of the Sheksna River (the northern part of the Mologo-Sheksninskaya Lowland), recorded in the profiles of Holocene soils. The sedimentation period of the silty sandy loam overlain lithological layer in soil profiles, according to OSL dating data of this stratum, corresponds to the maximum of the Late Pleistocene glaciation or the first phases of its degradation (22-17 thousand years ago). It is shown that interpreting the genesis of Holocene soils on bipartite sediments in the periglacial zone of the Russian Plain needed to take into account the properties of the initial lithogenic matrix, the heterogeneity of which often mixes the manifestations of Holocene soil pedogenesis.

Keywords: Late Glacial period, lessoids, Holocene pedogenesis, OSL-dating

Введение. В 2024 г. в центральной части г. Череповца (Вологодская обл., перигляциальная зона валдайского оледенения), на территории набережной р. Шексна и прилегающей территории были проведены охранные раскопки на месте археологического памятника древнерусского времени («Завод ГАРО 3. Поселение», XI–XIII вв.). Археологические работы сопровождались заложением сети траншей, вскрывающих толщу культурного слоя, сохранившимися под ними почвами и породами на глубину до 2.0 м. Полевое обследование позволило диагностировать литологические слои с признаками эоловой седиментации пылеватого материала позднеледникового возраста, слагающие профили исследованных почв.

В последнее время считается установленным фактом, что маломощный (как правило, до полуметра) слой эолового осадка, соответствующий верхнему слою (upper layer) в составе

перигляциальных покровных слоев (periglacial cover beds), перекрывает горизонты ВТ в почвах Центральной и Западной Европы и вносит значительный вклад в текстурную дифференциацию почв [3,4]. Цель настоящей статьи – выявить финальный этап позднеплейстоценового эолового накопления в пределах северной части Молого-Шекснинской низменности (долина нижнего течения р. Шексны) на примере строения и свойств поверхностных почв.

Материалы и характеристика района исследования. Первый ключевой участок находится в центральной части г. Череповца, в 500 м вверх по течению от Октябрьского моста через р. Шексна, подруженную Рыбинским водохранилищем в ее нижнем течении. Серия из пяти почвенных разрезов приурочена к правому берегу реки, к поверхности хорошо выраженного террасированного цокольного склона долины. Разрезы заложены в непосредственной близости друг от друга (не далее 70 м) и приурочены к склону восточной экспозиции относительно широкой локальной ложины, тальвег которой ограничен урезом воды р. Шексна. Три изученных разреза расположены в верхней части указанного склона, а два остальных – в средней и нижней частях указанного склона, имеющего уклон 0.03. Абс. отметки поверхности, на которых закладывались разрезы, составлял 115–117 м.

Второй ключевой массив, расположенный в 20-ти км на северо-запад от первого ключевого участка, в сохранившемся небольшом целинном лесном массиве на территории Молого-Шекснинской низины, на контакте с подножием макросклона Андогской гряды. Абс. отметки поверхности, на которых заложен разрез, составил 119 м.

Методы исследования. Полевая диагностика и классификационное положение почв проведена в соответствии с IUSS Working Group WRB (2022). Гранулометрический состав почв выполнен седиментометрическим методом с диспергацией суспензии пиррофосфатом натрия [1], а методом лазерной дифракции методом при помощи анализатора размеров частиц Malvern Mastersizer 3000. Датирование образцов методом оптически стимулированной люминесценции проводилось в Лаборатории ОСЛ ФГБУ «Институт Карпинского».

Результаты исследования. На основании полевой диагностики (Рисунок 1) и лабораторных исследований шесть исследованных профилей почв разделились на две равные группы. Первая и них (разрезы 7-24, 1-24 и 4-24) отнесены нами к группе Cambisols, объединенных общностью строения и свойств с явно выраженным камбиковым Bw горизонтом. Вторая группа представлена Retisols (включающая, наряду с автоморфными, глееватую почв – разрез 5-24), в почвах которой типодиагностическим горизонтом служит горизонт Bt, также более или менее развитый горизонт E, наиболее ярко представленный в профиле фонового разреза Фон-24.

Рассмотрим литологическую матрицу и морфологию почв (Рисунок 1). Слой I диагностирован повсеместно только в разрезах археологического раскопа, залегает плащеобразно, и представлен слоем легкого суглинка (реже – супеси) и довольно большим содержанием скелетной фракции, состоящей из валунно-галечникового материала с участием артефактов (кирпичная крошка, фрагменты керамики). По сути, гумусовый горизонт слоя I представляет собой собственно культурный слой, сформированный на месте исходных горизонтов. Слой II представлен в виде выдержанной супесчаной (реже – суглинистой) пылеватой толщи, залегающей либо под слоем I в разрезах долины р. Шексна, либо он слагает верхнюю толщу фонового разреза. В толще слоя II сформированы камбиковые Bw горизонты в Cambisols (разрезы 7-24, 1-24 и 4-24). Отличительной особенностью строения литогенной матрицы изученных разрезов (за исключением разреза 3-24) являются включения в их профиле на различных глубинах супесчано-песчаных прослоев и слоев (слой III), резко контрастирующих с вмещающей толщей (рис. 1). Этот слой характеризуется резким различием по содержанию скелетной фракции (галька, дресва, валунчики) от фактически полного его отсутствия до практически гравелисто-галечниковой толщи. Слой IV представлен вскрытой толщей московской морены, лежащей в основании всех изученных разрезов. Этот слой перекрыт слоем III, реже – слоем II.

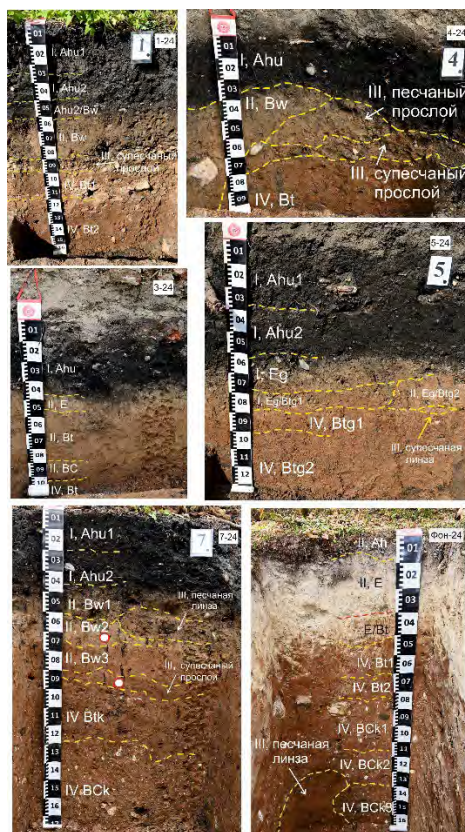


Рис. 1. Морфологическое строение почв долины нижнего течения р. Шексны (пояснения в тексте). Белые кружки с красным ободком (разрез 7-24) – места отбора проб для ОСЛ-датирования.

ОСЛ-датирование почвы разреза 7-24. По данным датирования камбикового горизонта Bw2 (слой II) на глубине 52–70 см и расположенного под слоем, в котором сформирован горизонт Bw3, супесчаного прослоя (слой III, глубина 85–90 см), возраст осадконакопления оказался близким и соответствует максимуму позднеплейстоценового оледенения или первым фазам его деградации (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1. Результаты ОСЛ-датирования образцов литологических слоев, разрез 7-24.

№ лаб.	Литологический слой, датируемый материал, глубина (см)	Минерал	Мощность дозы, Гр/тыс. лет	Палеодоза*, Гр SAR OSL	Возраст*, тыс. лет
RGI-1345	II, Bw2, (52–70)	Q	1.81±0.08	39±4	22±2
RGI-1346	III, супесчаный прослой, (85–90)	Q	2.55±0.10	43.2±4.2	16.9±1.8

Примечание: *Значения палеодозы, мощности дозы и возраста приведены со стандартной погрешностью измерения (1σ)

Обсуждение. *Литологическая матрица.* Слой IV, вскрытый во всех разрезах на различной глубине, в среднем на глубине 0.75–0.92 м в районе Череповца и на меньшей глубине (0.45 м) в фоновом разрезе, является выдержанным, четко диагностируемым и содержит весь ансамбль признаков, характерных для морены (валунно-галечниковый материал различной степени выветрелости). Важно подчеркнуть, что морена выстилает склон древней долины р. Шексны и доходит до уреза воды в реке. Таким образом, подтверждается цокольный тип древнего ложа долины реки Шексны. Ранее нами было

показано [6], что Волга в ее верхнем течении (а река Шексна, впадающая в Рыбинское водохранилище – приток Волги) состоит из участков доледникового террасового комплекса, перекрытого основной мореной и представленного в виде ступени в рельефе долины.

В толще моренного слоя, независимо от наличия карбонатных включений, сформированы горизонты Bt мезоморфных (в разрезе 5-24 – глееватых) почв с развитой структурной организацией и обильными многослойными глинистыми кутанами. Комплекс признаков длительного инситного педогенеза свидетельствует о том, что морена была подвержена процессам выветривания и почвообразования в микулинской межледниковье, и мы имеем дело с сохранившимся профилем текстурно-дифференцированной почвой предыдущего межледниковья. Подобные записи довалдайского педогенеза в московской морене ранее нами были установлены для ряда поверхностных почв бассейна Верхней Волги [5,6]. Сходную точку зрения косвенно обосновали и польские исследователи, изучавшие процессы педогенеза в почвах морене московского возраста на территории Польши [2,7].

Слой III, фрагментарно встроенный в литогенную матрицу изученных профилей почв, отражает динамичный и контрастный этап осадконакопления, отражающий обусловленный процессами локального склонового перемещения грубых осадков вследствие эрозионной активности. Литологический слой II кардинально отличается от описанных выше слоев, отличается выдержанностью гранулометрического состава, низким содержанием скелетной части и обогащенностью лессовидной фракцией, что свидетельствует об относительно спокойных этапах субэразьного накопления. Слой I, плащеобразно перекрывающий подстилаемый слой II и отсутствующий в разрезе фоновой почвы, по-видимому, отражает более динамичные финальные условия субэразьного поступления аллохтонного материала.

О времени седиментации пылевато-супесчаного литологического слоя II можно судить по ОСЛ-дате для самого горизонта Bw2 и подстилаемого также слой II (горизонт Bw3) супесчаного прослоя в разрезе 7-24 (Таблица 1). Как видно, полученные даты близки между собой и отражают время осадконакопления пылеватого материала сразу же после максимума валдайского криохрона. Это означает также, что накопление верхней части слоя II (горизонт Bw1) в этом же разрезе произошло позже, в поздневалдайское время. Полученные ОСЛ-даты позволяют определенно констатировать, что слой I в разрезах археологического раскопа Гаро-3 в Череповце и слой II в разрезе фоновой почвы (Фон-24) относится также к поздевалдайскому времени.

Заключение. При интерпретации генезиса голоценовых (прежде всего – текстурно-дифференцированных) почв на моренных отложениях перигляциальной зоны Русской равнины, необходимо учитывать свойства исходной литогенной матрицы как основы формирования дневных почв, нижний член которой представлен московской мореной (в которой не исключены морфологические признаки микулинского педогенеза) и верхний член – супесчано-пылевой толщей, накапливающейся субэразьным путем в позднеледниковье (upper layer); такая литологическая неоднородность зачастую микширует проявления голоценового почвообразования.

Исследование выполнено при поддержке РНФ, проект № 23-17-00073.

Список литературы

1. *Растворова О.Г.* Физика почв (практическое руководство). Л.: Изд-во ЛГУ. 1983. 196 с.
2. *Kabala C., Muszyńska E., Jary Z., Waroszewski J., Galka B., Kubiński M.* Glossic planosols in the postglacial landscape of central Europe: Modern polygenetic soils or subaerial palaeosols? // *Geoderma*. 2022. Vol. 426. P. 116101. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116101>
3. *Kleber A., Terhorst B.* Mid-latitude slope deposits (cover beds). Elsevier, 2024.

4. Kühn P., Billwitz K., Bauriegel A., Kühn D., Eckelmann W. Distribution and genesis of Fahlerden (Albeluvisols) in Germany // Journal of plant nutrition and soil science. 2006. T. 169. №. 3. P. 420–433.
5. Makeev A., Kust P., Lebedeva, M., Rusakov A., Terhorst B., Yakusheva T. Soils in the bipartite sediments within the Moscow glacial limits of the Russian Plain: Sedimentary environment, pedogenesis, paleolandscape implication // Quaternary International. 2019. Vol. 501. P. 147–173, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.09.017>
6. Makeev A., Rusakov A., Lebedeva M., Karpukhina N., Konstantinov E., Frechen M., Kust P. Unveiling the enigma of the Upper Volga River valley based on the soilscape studies // Catena. 2024. Vol. 246. P. 108431. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108431>
7. Woronko B., Zagórski Z., Cyglicki M. Soil-development differentiation across a glacial–interglacial cycle, Saalian upland, E Poland // Catena. 2022. Vol. 211. P. 105968. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105968>

УДК 551.8:556.55(470.2)

А.Е. Рыбалко^{1, 2, 3}, Д.А. Субетто¹, Н.А. Белкина^{1, 4}, В.Д. Страховенко^{1, 5}, Л.А. Савельева², А.О. Аксенов², А.В. Орлов^{1, 4}, Ю.А. Кублицкий¹

¹*Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия*

²*Институт наук о Земле СПбГУ, г. Санкт-Петербург, Россия*

³*ФГБУ «ВНИИОкеангеология», г. Санкт-Петербург, Россия*

⁴*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

⁵*Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия*

alek-rybalko@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ СМЕНЫ ПРИЛЕДНИКОВОГО ЭТАПА ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ОЗЕРНЫХ И ВНУТРЕННИХ МОРЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

В докладе рассматривается приледниковый этап осадконакопления крупнейших озер и внутренних морей Северо-Запада России на рубеже позднего неоплейстоцена – голоцена. В работе использованы преимущественно геолого-геофизические материалы самих авторов, полученные в последние годы при работах на Ладожском и Онежском озерах и Белом море. Приводятся литостратиграфические данные, результаты палинологических исследований и материалы сейсмоакустического профилирования. Делается вывод, что несмотря на то, что смена приледниковых условий осадконакопления последующими озерными/морскими преимущественно происходила в раннем голоцене, но в каждом из бассейнов наблюдались свои пространственно-временные отличия. Они связаны как с особенностями дегляциации территории, так и различными физико-географическими условиями каждого из бассейнов

Ключевые слова: Онежское озеро, Ладожское озеро, Белое море, палеогеография верхнего неоплейстоцена-голоцена, ледниково-морские осадки, ленточные глины, дегляциация Северо-Запада России

A.E. Rybalko^{1, 2, 3}, D.A. Subetto¹, N.A. Belkina^{1, 4}, V.D. Strakhovenko^{1, 5}, L.A. Savelyeva², A.V. Orlov^{1, 4}, A.O. Aksenov², Yu.A. Kublitsky¹

¹*Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia*

²*Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

³*VNIIOkeangeologiya, Saint Petersburg, Russia*

⁴*Northern Water Problems Institute Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*

⁵*Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

alek-rybalko@yandex.ru

FEATURES OF THE CHANGE IN THE PERIGLACIAL STAGE OF SEDIMENTATION IN THE LAKE AND INLAND SEAS OF NORTHWEST RUSSIA

The report examines the transformation of sedimentation from periglacial stage to lacustrine/marine stage the largest lakes and inland seas of North-West Russia at the boundary of the Late Pleistocene - Holocene. In the study mainly has been used lithological, geological? palynological and geophysical data of the authors themselves obtained in last years on Lake Ladoga and Lake Onega and the White Sea. Palynological and seismoacoustic profiling data is provided. It is concluded that despite the fact that the change from periglacial to lacustrine/marine conditions mainly occurred in the early Holocene, each of the basins had its own spatial and temporal features. They are associated with both the features of deglaciation of the territory and the different physical and geographical conditions of each of the basins.

Keywords: Lake Onega, Lake Ladoga, White Sea. Late Pleistocene-Holocene paleogeography, glacial-marine sediments, varved clays, deglaciation of Northwest Russia

Характерной чертой озерных и морских бассейнов по восточной и юго-восточной периферии Балтийского кристаллического щита является наличие особого переходного периода между приледниковым и озерным (морским) этапами седиментогенеза. Во временном масштабе этот период приурочен к границе верхний неоплейстоцен-голоцен, а палеогеографически для Северо-Запада России он эквивалентен смене позднеледниковья и послеледниковья. Однако разная удаленность от края деградирующего ледника, разная форма палеобассейнов и различие в неотектонической позиции привело к разнообразию этого перехода, как на ландшафтном, так и на временном уровне. Попробуем проследить особенности этого перехода на примере Онежского и Ладожского озер и Белого моря.

Проблема синхронизации формирования приледниковых, переходящих в озерные/морские, бассейнов по периферии Балтийского кристаллического щита, имеет важное значение для региональной палеогеографии Северо-Запада РФ. Однако решалась она всегда в зависимости от наличия фактического материала у разных исследователей и уровня датирования соответствующих отложений. В нашем распоряжении оказались материалы по всем 4-м бассейнам, полученными «одними руками», что и явилось побудительным мотивом для доклада.

В Онежском озере, где наряду с большим количеством колонок донных отложений, вскрывших ледниково-озерные глины, было также проведено и бурение, позволившее оценить весь разрез надледниковых отложений [2]. Этот разрез имеет следующий вид: сложно построенная толща лимногляциальных слоистых глин, в основании которых лежит пачка переслаивания алевроитовых песков и глин с большим количеством грубообломочного материала различной степени окатанности. Сама толща ленточных глин литологически разнородна, в целом вверх по разрезу мощность парных слойков (варв) уменьшается, а в верхней части слоистой толщи выделяется маркирующий «розовый горизонт». Выше по разрезу залегают серые пелиты, иногда полосчатые, которые переходят в толщу озерных илов, представленную зеленовато-серыми полосчатыми алевропелитами с вивианитом и гидроокислами марганца [3]. Данные палинологического анализа свидетельствуют, что накопление пепельно-серых глин, перекрывающих ленточнослоистые осадки, происходило в позднем дриасе, т.е. смена накопления слоистых глин, указывающих на циклическое таяние ледника, постепенно отступающего из акватории озера на запад, происходила еще в позднем неоплейстоцене, а типичное накопление нефелоидных алевропелитовых осадков, обогащенных органикой, происходит в начале голоцена, в раннем пребореале. В то время на берегах пра-Онежского озера произрастала тундровая растительность, которая к концу этого периода начала сменяться лесотундровой. При этом влияние ледника на характер седиментации, а именно формирование циклической (ленточной) слоистости, прекратилось возможно уже в конце аллерёда. Эта смена характера седиментогенеза от условий приледникового бассейна к внеледниковому происходила часто при активизации подводных абразионных и эрозионных процессов (ввиду снижения уровня приледниковых бассейнов в связи с открытием новых порогов стока палеобассейнов), свидетельством чему является явный эрозионный контакт на границе между слоистыми и монотонными глинами, который уверенно фиксируется на томограммах кернов колонок.

Характерно, что ленточные глины (особенно в южной части Ладожского и Онежского озер) выходят иногда непосредственно на поверхность озерного дна, свидетельствуя, что процесс накопления озерных осадков отсутствует здесь по настоящее время.

Близкий по характеру разрез четвертичных отложений имеет и Ладожское озеро. [4]. Основанием для палеогеографических построений служат как наши собственные материалы, так и материалы бурения в рамках немецко-российского проекта ПЛОТ в 2013 г. Тогда были пробурены две скважины в северо-восточной части Ладоги, к северу от о. Коневец [5] на глубине около 100 м. Во вскрытых разрезах при отсутствии морены (куда скважина, по

нашему мнению, не дошла) последовательно представлены (сверху вниз) голоценовые илы и иленточные глины верхнего неоплейстоцена. По геофизическим данным [1] ледниковые (основная морена) и флювиогляциальные отложения, непосредственно перекрывающие коренные породы, вверх по разрезу сменяются толщей осадков с четкой субгоризонтальной слоистостью. Внутри этого сейсмического горизонта по характеру записи выделяют три подгоризонта, различающиеся по текстурным признакам. Эти данные подтверждаются и данными геологического прободобора. Два верхних сейсмических подгоризонта соответствуют литостратиграфическим горизонтам ленточноподобных глин (lgIII1), ленточных глин (lgIII2) и микрослоистых глин (lgIII3), накапливающихся в приледниковых бассейнах, последовательно сменяющих друг друга, начиная с образования приледникового озера. Наиболее древний подгоризонт, вероятно, соответствует отложениям первых приледниковых бассейнов, которые заполнили ладожскую впадину и имеют возраст более 14000 л. н. [4; 5; 8]. Выше они с эрозионным контактом перекрываются серыми монотонными алевропелитами (глинами текучепластичной консистенции) и (выше) толщей озерных илов. При этом уже в средней части озера горизонт серых глин исчезает, а дно южной части Ладожского озера представляет абразионную поверхность ленточных глин, что произошло в результате ладожской трансгрессии. Принципиальным вопросом при сходстве в разрезах отложений Онежского и Ладожского озер является время смены приледникового седиментогенеза озерным и характер развития растительности на берегах обоих озерных бассейнов, тем более что они находятся на разной высоте над уровнем моря (Ладожское озеро – +5 м, Онежское озеро – +33.3 м). По палинологическим данным накопление ленточных глин в Ладожском озере началось 13900 кал. л. н. и происходило до 11380 кал. л. н. [5; 6]. Смена лесотундровой растительности на тундровую на территории Приладожья произошла около 12600 кал. л. н. на рубеже аллеред–поздний дриас [6] что связано с кратковременным наступлением ледника вплоть до северо-западных границ озера [4]. Таким образом в позднем дриасе здесь уже существовали тундровые условия, но характер осадконакопления определялся влиянием ледника, на что указывает накопление микрослоистых ленточных глин. Горизонт же серых глин в местах, где он существует, накапливался в пребореальное время. Таким образом, разница времени дегляциации Онежского и Ладожского озер составляет более 1000 лет. Во многом это связано с тем, что Балтийское море, уже существовавшее в раннем пребореале, оказывало отепляющее воздействие на Приладожье, что и привело к более быстрой деградации и полному исчезновению перигляциальной флоры уже в раннем голоцене.

В Белом море смена приледникового осадконакопления (аккумуляция циклически слоистых глин в пресноводном бассейне) ледниково-морскими условиями седиментации началась по мере проникновения морских вод через Горло Белого моря в аллерёде (около 11600 ¹⁴C (12700 кал. л. н.). Этот процесс был постепенным и отличался в различных районах беломорского бассейна. Во внешней части Онежского залива, вблизи архипелага Соловецких островов, потепление началось уже в позднем дриасе, а в аллерёде существовал полноценный солоноватоводный бассейн без всяких признаков воздействия на седиментогенез далеко отступившего ледника. Прогрев продолжался и в бореальное время, что привело к появлению на Соловецко-Анзерском мелководье малакофауны, преимущественно брахиопод, зафиксированный в свое время Л.В. Поляком (неопубликованные данные). В атлантическое время в голоцене здесь установились уже нормальные морские условия. На суше в это время возможно было отставание в развитии северной тайги, которая сохраняла еще характеристики бореального времени, что и привело к некоторому несоответствию радиоуглеродных и палинологических данных.

В Кандалакшском (крайнем северо-западном) заливе Белого моря нижнеголоценовые осадки сильно редуцированы и имеют мощность не более одного метра. При этом, по данным палинологического анализа пребореальные осадки вообще отсутствуют, что свидетельствует об активном гидродинамическом режиме в это время и размыве донных

отложений. В тоже время получены сведения, что ледник оказывал влияние на осадконакопление даже в пребореальное время, когда накапливались слоистые осадки.

Приведенные данные свидетельствуют о сложных и разнородных палеогеографических условиях на рубеже верхний неоплейстоцен-голоцен по восточной и периферии Балтийского кристаллического щита. Восстановление детальных палеогеографических обстановок в указанное время в различных бассейнах позволит составить целостную картину развития Северо-Запада России по мере дегляциации и установления условий, близких к современным.

Исследования проводились при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-17-00206
<https://rscf.ru/project/24-17-00206>

Список литературы

1. Аксенов А.О., Рыбалко А.Е., Науменко М.А., Токарев М.Ю., Субетто Д.А. Строение рельефа котловины Ладожского озера по результатам интерпретации сейсмоакустических и батиметрических данных // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54. № 4. С. 26–39.
2. Субетто Д.А., Белкина Н.А., Страховенко В.Д., Рыбалко А.Е., Зобков М.Б., Потахин М.С., Кулик Н.В., Ефременко Н.А., Лаврова Н.Б., Рязанцев П.А., Тарасов А.Ю., Филимонова Л.В., Шелехова Т.С., Шварев С.В., Алёшин М.И., Беляев П.Ю., Бородулина Г.С., Здорovenнова Г.Э., Здорovenнов Р.Э., Ибрагимова А.Г., Карпечко Ю.В., Корост С.Р., Корост Д.В., Кузнецов В.Ю., Кухарев В.И., Левичев М.А., Малов В.И., Никонов А.А., Овдина Е.А., Орлов А.В., Рябинкин А.В., Слабунов А.И., Токарев М.Ю., Фролова Л.А., Гатальская Е.В., Кравченко И.Ю., Ханг Т. Палеолимнология Онежского озера: от приледникового озера к современным условиям. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2022. 331 с.
3. Рыбалко А.Е., Субетто Д.А. Белкина Н.А., Страховенко В.Д., Аксенов А.О., Беляев П.Ю., Токарев М.Ю., Савельева Л.А., Потахин М.С., Орлов А.В., Корост С.Р., Кублицкий Ю.А., Локтев А.С. Формирование крупнейших озер северо-запада России по восточной периферии Балтийского кристаллического щита // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54. № 4. С. 40–56. <https://doi.org/10.31857/10.31857/S2949178923040102>
4. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. Санкт-Петербург: РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 339 с.
5. Gromig R., Wagner B., Wennrich V., Fedorov G., Saveliava L., Lebas E., Krastel S., Brill D., Andreev A., Subetto D., Melles M. Deglaciation history of Lake Ladoga (northwestern Russia) based on varved sediments // Boreas. 2019. Vol. 48. Iss. 2. P. 330–348. <https://doi.org/10.1111/bor.12379>
6. Lebas E. Gromig R., Krastel S., Wagner B., Fedorov G., Görtz C., Averages T., Subetto D., Naumenko M., Melles M. Preglacial and postglacial history of the Scandinavian Ice Sheet in NW Russia. Evidence from Lake Ladoga // Quaternary Science Reviews. 2021. Vol. 251. P. 106637. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106637>
7. Saveliava L., Andreev A., Gromig R., Subetto D., Fedorov G., Wennrich V., Wagner B., Melles M. Vegetation and climate changes in northwestern Russia during the Lateglacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record // Boreas. 2019. Vol. 48. Iss. 2. P. 349–360. <https://doi.org/10.1111/bor.12376>
8. Subetto D., Rybalko A., Naumenko M., Ludikova A., Kuznetsov D., Aksenov A., Tokarev M., Kublitskiy Yu. The Geology, Geomorphology, and History of Lake Ladoga: A Review // Doklady Earth Sciences. 2024. Vol. 519. P. S91-S109. <https://doi.org/10.1134/S1028334X24604735>

МЕДУЛЛЯРНАЯ КОСТЬ У ПТИЦ ИЗ АРХЕОЗООЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА (НА ПРИМЕРЕ ПАМЯТНИКА НА О. БУЛДЫРЬ, АЛЕУТСКИЕ ОСТРОВА)

Изучение медуллярной кости в тибiotарзусах мелких чистиковых из археологического памятника с Алеутских островов показало, что основной промысел на них древних охотников проходил в основном на размножающиеся особи и в довольно узкие сроки – время откладки яиц на о. Булдырь

Ключевые слова: медуллярная кость, чистиковые, Alcidae, зооархеология, голоцен Алеутские острова

A.B. Savinetsky, O.A. Krylovich

A.N. Severtsov's Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia

arkadybs@rambler.ru

MEDULLARY BONES OF BIRDS FROM ARCHAEOZOOLOGICAL MATERIAL (CASE STUDY FROM BULDIR I., ALEUTIAN ISLANDS)

A study of the medullary bone in the tibiotarsus of auklets from archaeological site in the Aleutian Islands showed that the main prey of ancient hunters was on breeding individuals and in fairly narrow periods – during egg-laying on Buldir I.

Keywords: medullary bones, Alcidae, zooarchaeology, Holocene, Aleutian Islands

Медуллярная кость – это твердая, сильно васкуляризированная костная ткань, которая быстро формируется в полостях костей птиц под действием высоких уровней эстрогена [23]. В естественных условиях формирование медуллярной кости происходит при созревании фолликул яичников у половозрелых самок птиц [18]. Она не имеет механического значения [9; 19], но в первую очередь действует как резервуар для кальция, необходимого для образования яичной скорлупы [10]. Впервые медуллярная кость была обнаружена у голубей [13], и в дальнейшем выяснилось, что она встречается у представителей большинства современных таксонов птиц [25]. Продолжительность формирования и сохранения медуллярной кости изучена недостаточно [25] и сильно варьируется между таксонами: у некоторых воробьинообразных (зебровой амадины) кость формируется и резорбируется менее чем за 24 часа [20], но формируется за 1-2 недели у более крупных птиц, таких как голуби (*Columba livia*) и домашние куры (*Gallus gallus*) [21] и резорбируется у них в течение 1-3 недель [16]. Распределение кости по скелету также варьируется между таксонами, но предсказуемо связано с распределением костного мозга и пневматичностью [5; 6]. Чаще всего медуллярная кость встречается в задних конечностях, особенно в тибiotарзусе и бедренной костях, где она присутствует повсеместно у Neornithes [5; 6; 24] (за единственным известным исключением высокопневматизированного *Pelecanus* [6]). В передних конечностях медуллярная кость лучше всего выражена в локтевой кости, а хуже всего – в плечевой, поскольку часто ее медуллярная часть занята воздушными мешками [16].

Изучение медуллярной кости у птиц в основном проводится на современном материале, хотя имеется и небольшое количество работ по археозоологии ([3; 14; 16; 17; 21; и др.) и палеонтологии [12]. Обнаружение медуллярной кости в остеологическом материале из археологических и природных отложений позволяет получить много интересной дополнительной информации. Само наличие медуллярной кости свидетельствует о том, что

данные фрагменты принадлежат самкам. Учитывая, что формирование медуллярной кости происходит в очень сжатые сроки, а именно в период откладки яиц, можно сделать вывод о времени добычи (захоронении) птиц или их остатков. Также наличие медуллярной кости свидетельствует, что эти особи птиц гнездятся в данной местности, а не являются залетными или добытыми на миграциях.

В археозоологическом материале удобнее всего смотреть наличие медуллярной кости в тибиотарзусах. Во-первых, из-за их относительного обилия среди других элементов. Во-вторых, эти кости, по сравнению с бедренными или локтевыми, часто бывают обломанными [22]. Медуллярная кость хорошо видна на сломе, но в случае ее присутствия в следовых количествах, лучше использовать бинокляр. Место слома часто бывает необходимо зачистить с помощью щетки от грязи. Безусловно, существуют и методы, позволяющие посмотреть наличие медуллярной кости и в целых костях – это использование рентгеновской установки [22], компьютерной томографии [8], сверление костей микродрелью [7] и просвечивание костей [25].

На данном этапе работы изучения медуллярной кости мы выбрали кости чистиковых птиц из археологического памятника на о. Булдырь (Крысы о-ва Командорско-Алеутской островной дуги). Остров представляет из себя вершину древнего вулкана. Размер острова - 6,4 км, шириной 3,2 км [4]. Это один из трех островов из всей Алеутской гряды, где никогда не было наземных млекопитающих и никогда не выпускались песцы и не было таких инвазивных видов как серая крыса. Все это позволило сохраниться огромным колониям птиц, численность которых в настоящее время составляет более 3,5 млн. особей [4]. Заложенный на памятнике раскоп 1х1 м выявил культурный слой мощностью 230 см, возрастом 200-650 лет назад [15], с большим количеством костей птиц (более 15 тыс.). Предварительное определение показало, что более 90 % костей принадлежит чистиковым птицам [2].

Остеологический анализ позволил определить 1799 дистальных фрагмента тибиотарзусов чистиковых 11 видов (кайры до вида не определялись) (табл. 1.), т.е. всех видов чистиковых известных для этого острова [4]. Наибольшее количество остатков, почти половина, принадлежит конюге-крошке; многочисленными также являются остатки малой конюги, старика и большой конюги. Повидовое соотношение костей очень схоже с современным распределением птиц, за исключением большой конюги, численность которой в настоящее время больше чем в два раза превышает численность всех остальных чистиковых птиц.

Медуллярная кость была обнаружена в 228 костях практически всех видов, за исключением кайр и тупика-носорога, находки тибиотарзусов которых были единичны. Наибольшее количество тибиотарзусов с медуллярной костью (n=137) было обнаружено у конюги-крошки. Наибольшая доля тибиотарзусов с медуллярной костью (12,8 – 16,3, медиана 15,1 %) отмечается у четырех видов: конюги-крошки, большой конюги, белобрюшки и малой конюги. Все эти виды откладывают по одному яйцу в конце мая – июне; насиживают оба родителя в течение 30-40 дней. Все тибиотарзусы с медуллярной костью принадлежат взрослым самкам, добытым в период откладки и начала насиживания яиц. Поскольку насиживают оба родителя, то можно допустить, что около 30 % птиц было добыто именно в этот период. Следует также помнить, что как отмечалось выше, медуллярная кость имеется не весь период насиживания, а резорбируется гораздо раньше. К сожалению, по конюгам в частности, да и по чистиковым в целом, неизвестны работы по времени сохранения медуллярной кости, но исходя из их мелких размеров и что они откладывают по одному яйцу можно допустить, что резорбция происходит за 7-10 дней. При принятии таких грубых допущений доля добытых конюг в период насиживания увеличивается до 90 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что основная охота на мелких чистиковых птиц происходила в период насиживания яиц, т.е. в конце мая - июне. Неким косвенным подтверждением этого служит крайне малое количество остатков молодых птиц в

отложении, несмотря на хорошую сохранность материала – всего было найдено три кости молодых особей. Из всего вышесказанного можно сделать и более общие выводы: добыча основных промысловых видов имела сезонный характер, что в целом свойственно северным морзверобоям [1]. Остатки мелких конюг принадлежат преимущественно размножающимся особям, а следовательно изменения относительного обилия их остатков свидетельствуют об изменении экологической обстановки в данном регионе.

Таблица 1. Тибиотарзусы чистиковых птиц из археологического памятника о. Булдырь и современная численность изученных видов на острове [4, 11]

	количество тибиотарзусов		кол-во tbt с медуллярной костью	доля tbt с медуллярной костью у данного вида	Современная численность
Вид/род	штук	%	штук	%	тыс. особей
Большая конюга (<i>Aethia cristatella</i>)	127	7,1	20	15,7	280
Конюга-крошка (<i>Aethia pusilla</i>)	843	46,7	137	16,3	70
Малая конюга (<i>Aethia pygmaea</i>)	316	17,6	40	12,7	30
Тихоокеан. чистик (<i>Cephus columba</i>)	11	0,6	1	9,1	0,1
Белобрюшка (<i>Cyclorhynchus psittacula</i>)	94	5,2	12	12,8	12
Топорик (<i>Fratercula cirrhata</i>)	33	1,8	2	6,1	18
Ипатка (<i>Fratercula corniculata</i>)	92	5,1	2	2,2	18
Алеутский пыжик (<i>Ptychoramphus aleuticus</i>)	84	4,7	5	6	20
Старик (<i>Synthliboramphus antiquus</i>)	190	10,6	9	4,7	10
Тупик-носорог (<i>Cerorhinca monocerata</i>)	1	>0,1	-	0	>0,1
Кайры (<i>Uria</i> sp.)	8	0,4	-	0	13,4
Всего	1799	100	228		471,5

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект 25-14-00427).

Список литературы

1. Динесман Л.Г., Киселева Н.К. Савинецкий А.Б. Хасанов Б.Ф. Вековая динамика численности прибрежных экосистем северо-востока Чукотки. М.: Аргус, 1996 189 с.
2. Лисенкова А.А. Птицы о. Булдырь (Алеутские острова, Аляска) последнего тысячелетия по археозоологическим данным: Курсовая МГУ. 2013. 56 с.
3. Bochenski Z., Tomek T., Wertz K., Kaczanowska M., Kozłowski J., Sampson A. Who ate the birds: the taphonomy of Sarakenos Cave, Greece // Archaeological and Anthropological Sciences. 2018. Vol. 10. Iss. 7. P. 1603–1615.
4. Byrd G., Day R. The Avifauna of Buldir Island, Aleutian Islands, Alaska // Arctic. 1986. Vol. 39. Iss. 2. P. 109–118.
5. Canoville A., Schweitzer M., Zanno L. Systemic distribution of medullary bone in the avian skeleton: ground truthing criteria for the identification of reproductive tissues in extinct Avemetatarsalia // BMC Evol. Biol. 2019. Vol. 19. Iss. 1. Article number: 71.

6. *Canoville A., Schweitzer M., Zanno L.* Identifying medullary bone in extinct avemetatarsalians: challenges, implications and perspectives // *Philosophical Transactions B.* 2020. Vol. 375. Iss.1793. Article number: 20190133. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0133>
7. *Coy J.* Birds as food in prehistoric and historic Wessex // *Animals in Archaeology; 2 Shell Middens, Fishes and Birds (BAR International Series 183).* Oxford: British Archaeological Reports, 1983. P. 181–195.
8. *Crane A., Baldry C., Rankin K., Clarkin C., Williams K., Gostling N.* The three-dimensional structure of medullary bone: Novel criteria for the identification of avian sex-specific bone tissue // *Developmental Biology.* 2025. Vol. 521. P. 108–121.
9. *Currey J.* Mechanical properties and adaptations of some less familiar bony tissues // *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2010. Vol. 3. Iss. 5. P. 357–372.
10. *Dacke C., Arkle S., Cook D., Wormstone I., Jones S., Zaidi M., Bascal Z.* Medullary bone and avian calcium regulation // *J. Exp. Biol.* 1993. Vol. 184. Iss. 1. P. 63–88.
11. *Gibson, D., Byrd G.* Birds of the Aleutian Islands, Alaska. Nuttall Ornithological Club and the American Ornithologists' Union. Series in Ornithology 1. 2007. 351 p.
12. *Handley W., Chinsamy A., Yates A., Worthy T.* Sexual dimorphism in the late Miocene mihirung *Dromornis stirtoni* (Aves: Dromornithidae) from the Alcoota Local Fauna of central Australia // *Journal of Vertebrate Paleontology.* 2016. Vol. 36. Iss. 5. e1180298.
13. *Kyes P., Potter T.* Physiological marrow ossification in female pigeons // *The Anatomical Record.* 1934. Vol. 60. Iss. 4. P. 377–379.
14. *Laroulandie V., Lefevre C.* The Use of Avian Resources by the Forgotten Slaves of Tromelin Island (Indian Ocean) // *International Journal of Osteoarchaeology.* 2014. Vol. 24. Iss. 3. P. 407–416.
15. *Lefevre C., Corbett D.* Appendix G – WAAPP Radiocarbon Dates // *The People at the End of the World: The Western Aleutians Project and the Archaeology of Shemya Island.* 2010. P. 243–257.
16. *Lentacker A.N., Van Neer W.* Bird Remains from Two Sites on the Red Sea Coast and some Observations on Medullary Bone // *International Journal of Osteoarchaeology.* 1996. V 6(5). P. 488–496.
17. *Mannermaa K., Store J.* Stone Age exploitation of birds on the island of Gotland, Baltic Sea: a taphonomic study of the avifauna on the Neolithic site of Ajvide // *International Journal of Osteoarchaeology.* 2006. Vol. 16. Iss. 5. P. 429–452.
18. *Miller S., Bowman B.* Medullary bone osteogenesis following estrogen administration to mature male Japanese quail // *Dev. Biol.* 1981. Vol. 87. Iss. 1. P. 52–63.
19. *Rath N., Balog J., Huff W., Huff G., Kulkarni G., Tierce J.* Comparative differences in the composition and biomechanical properties of tibiae of seven-and seventy-two-week-old male and female broiler breeder chickens // *Poult. Sci.* 1999. Vol. 78. Iss. 8. P. 1232–1239.
20. *Reynolds S.J.* Uptake of ingested calcium during egg production in the zebra finch (*Taeniopygia guttata*) // *The Auk.* 1997. Vol. 114. Iss. 4. P. 562–569.
21. *Rick A.* Bird medullary bone: a seasonal dating technique for faunal analysts // *Bulletin (Canadian Archaeological Association).* 1975. Vol. 7. P. 183–190.
22. *Serjeantson D.* Birds: a Seasonal Resource // *Environmental Archaeology.* 1998 Vol. 3. P. 23–33.
23. *Taylor T., Moore J.* Avian medullary bone // *Nature.* 1953. Vol. 172. Iss. 4376. P. 504–505.
24. *Wang M., O'Connor J., Bailleul A., Li Z.* Evolution and distribution of medullary bone: evidence from a new Early Cretaceous enantiornithine bird // *Natl. Sci. Rev.* 2020. Vol. 7. Iss. 6. P. 1068–1078.
25. *Werning S.* Medullary bone is phylogenetically widespread and its skeletal distribution varies by taxon // *J. Ornithol.* 2018. Vol. 159. Iss. 2. P. 527–543.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОЗЕРА НОВОЖИЛОВО НА ОСНОВЕ ХИРОНОМИДНОГО АНАЛИЗА

В сообщении приводятся предварительные результаты хирономидного анализа донных отложений озера Новожилово (Камско-Кельтминская низменность, север Пермского края). Зафиксированы значительные изменения в составе фауны хирономид, которые позволяют выделить 4 статистически значимые зоны, отражающие тренды изменения видового состава хирономид и климатические колебания в районе водосбора озера.

Ключевые слова: донные отложения, реконструкции климата, Камско-Кельтминская низменность

A.A. Samarkina

Perm State University, Perm, Russia

alya.samarkina.01@mail.ru

PALEOLIMNOLOGICAL RECONSTRUCTIONS OF THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF LAKE NOVOZHILOVO BASED ON CHIRONOMIDE ANALYSIS

The article presents preliminary results of a chironomid analysis of bottom sediments of Novozhilovo lake (Kama-Keltminskaya lowland, northern Perm region). Notable changes in the composition of the chironomid fauna were recorded, allowing the identification of four statistically significant zones reflecting trends in chironomid species composition and climatic fluctuations in the lake's catchment area.

Keywords: lacustrine sediments, climate reconstruction, Kama-Keltma lowland

Донные отложения выступают в роли естественного хранилища информации о длительных периодах изменения окружающей среды и климата. Один из наиболее значимых палеоархивов Пермского Прикамья – озерные отложения Камско-Кельтминской низменности. Первые результаты изучения этих отложений радиоуглеродным, гранулометрическим, палинологическим, диатомовым методом уже опубликованы [1]. В этом кратком сообщении будут приведены новые данные, полученные в результате хирономидного анализа.

Материалы и методы. Пробоотбор. Озеро Новожилово расположено на севере Пермского края, в пределах Камско-Кельтминской низменности. В январе 2023 г. с помощью поршневого бура Ливингстона из скважины NZH-1 была извлечена колонка донных отложений мощностью 5,2 м [1]. Из колонки было отобрано 54 образца для хирономидного анализа. Образцы отбирались объемом 5 см³ каждые 10 см колонки.

Хирономидный анализ. Обработку проб рыхлых отложений проводят по стандартной методике, описанной Бруксом и Бирксом [2].

Анализ данных. Для построения стратиграфической диаграммы использована программа C2 [4]. Кластерный анализ выполнен в программе PAST [3]. Биоразнообразие и выравненность сообществ оценивались с помощью индексов Шеннона и Пиеллоу.

Результаты и обсуждение. В каждом образце отобрано от 51 до 128 головных капсул хирономид. Общее количество обнаруженных головных капсул составляет 3 515 шт.

Идентифицированные таксоны принадлежат следующим семействам: *Chironominae*, *Orthocladinae*, *Tanypodinae*.

Доминирующими таксонами являются *Microtendipes pedellus* и *Corynocera ambigua*, которые относятся к семейству *Chironominae*. Также на протяжении всей колонки донных отложений встречаются *Glyptotendipes barbipes*, *Chironomus anthracinus*, *Tanytarsus pallidicornis*-type 1.

Кластерный анализ позволил выделить четыре статистически значимые зоны, отражающей тренды изменения видового состава хирономид.

Зона I (горизонт 8,21-7,8 м; 14,1-12,8 тыс. кал. л.н.). Период характеризуется малым видовым разнообразием. Преобладает таксон-убиквист *Microtendipes pedellus*. Обнаружены также *Sergentia coracina*, *Pseudochironomus*.

Зона II (7,8-6,0 м; 12,7-9,0 тыс. кал. л.н.). В этот период повышается видовое разнообразие и фиксируется смена доминантных таксонов хирономид: *Microtendipes pedellus* замещен *Corynocera ambigua*, *Tanytarsus pallidicornis*-type 1. Исчезает *Sergentia coracina*, *Prosilocerus lacustris*, *Tanytarsus lactescens*. Появляется *Paratanytarsus penicillatus*, *Psectrocladius sordidellus*, *Tanytarsus glabrescens*, *Procladius*, *Ablabesmyia*.

Зона III (6,0-3,95 м; 8,8-3,2 тыс. кал. л.н.). Фауна характеризуется преобладанием теплолюбивого *Microtendipes nervosus*-type. Доминантный *Corynocera ambigua* заменяется таксоном-убиквистом *Microtendipes pedellus*. Появляются *Pseudothocladius*, *Limnophyes*-*Paralimnophyes*, *Corynoneura lobata*, *Chironomus plumosus*. В этом периоде наблюдается максимальное видовое разнообразие.

Зона IV (3,95-3,15 м; 3,2-0,6 тыс. кал. л.н.). В этот период доминантный таксон-убиквист *Microtendipes pedellus* сменяется *Tanytarsus pallidicornis*-type 1. Появляются *Pagastiella*, *Limnophyes* – *Paralimnophyes*, *Phaenopsectra flavipes*, *Paratanytarsus*.

Полученные данные первично интерпретированы следующим образом.

В раннем голоцене преобладают холодноводные таксоны (*Microtendipes pedellus*, *Sergentia coracina*), которые проживают в олиготрофных озерах. Это, вероятно, указывает на начальную стадию формирования водоема.

В среднем голоцене выявленная ранее тенденция повышения трофности водоема сопровождается появлением процессов заболачивания в озере и широким распространением погруженной водной растительности. На это указывает преобладание следующих таксонов: *Tanytarsus pallidicornis*-type 1, *Polypendilum nibeculosum*, *Glyptotendipes barbipes*.

В позднем голоцене появление эвтрофных ацидофильных таксонов (*Pagastiella*, *Tanytarsus pallidicornis*-type 1, *Phaenopsectra flavipes*, *Paratanytarsus*) указывает на большое содержание органического вещества в озере, кислотность в озере и температура повышаются, и косвенно (большое содержание *Limnophyes* – *Paralimnophyes*) на то, что озеро стало бессточным.

Список литературы

1. Kopytov S., Zaretskaya N., Konstantinov E., Lapteva E., Sannikov P., Sychev N., Mekhonoshina E. Palaeoenvironment of the Upper Kama Region during the Late Glacial and Early Holocene (Novozhilovo Lake Sediments Case Study) // Doklady Earth Science. 2024. Vol. 519. Part 2. P. 2208–2216. <https://doi.org/10.1134/S1028334X24603341>
2. Brooks S., Birks H. Chironomidae (Insecta: Diptera) // Global change in the Holocene. London: Arnold, 2003. P. 328–341.
3. Hammer Ø., Harper D., Ryan P. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontol. Electronica. 2001. Vol. 4. Iss. 1. P. 9.
4. Juggins S. C2 Vers. 1.5 User Guide. Software for Ecological and Palaeoecological Data 44. Analysis and Visualisation. Newcastle upon Tyne: Newcastle Univ., 2007.

И.А. Самофалова

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н.

Прянишникова, г. Пермь, Россия

samofalovairaida@mail.ru

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ, ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ГОРНЫХ ПОЧВАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

В статье рассматриваются применение геохимических показателей для диагностики процессов выветривания, осадконакопления, почвообразования в почвах горных ландшафтов. Установлены эволюционно-генетические особенности горных почв Среднего Урала на примере хребта Басеги. Различная степень преобразованности минеральной части почв диагностирует разновозрастность профилей, диагностических горизонтов и генетических признаков.

Ключевые слова: горные почвы, геохимические индексы, литохимические модули, показатели выветривания.

I.A. Samofalova

Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm,

Russia

samofalovairaida@mail.ru

GEOCHEMICAL INDICES AND INTENSITY COEFFICIENTS OF WEATHERING, SEDIMENTATION AND SOIL FORMATION PROCESSES IN MOUNTAIN SOILS OF THE MIDDLE URALS

The article discusses the use of geochemical indicators for diagnostics of weathering, sedimentation, and soil formation processes in mountain landscape soils. Evolutionary and genetic features of mountain soils of the Middle Urals are established using the Basegi Ridge as an example. Different degrees of transformation of the mineral part of soils diagnose the age difference of profiles, diagnostic horizons, and genetic features.

Keywords: mountain soils, geochemical indices, lithochemical modules, weathering indicators.

Геохимические коэффициенты, характеризующие особенности почвообразования, помогают изучить и понять геохимию валового состава почв, дают дополнительную информацию о почвообразовательных процессах, позволяют диагностировать почвы в соответствии с современными подходами в классификации почв [3; 6-8; 11]. Выветривание зависит от климата, это постоянно идущий монотонный процесс, скорость которого могут резко изменить катастрофические тектонические явления. В почвенно-генетических исследованиях применяют литохимические индексы и геохимические индикаторы, рассчитанные по валовому содержанию макро- и микроэлементов [1-3]. С помощью методов геохимической индикации выветривания и элементарных процессов почвообразования определяют эволюционно-генетические особенности валового состава в почвах. Геохимические коэффициенты позволяют оценить тренды распределения химических элементов в горных ландшафтах, установить генезис почв, обнаруживать изменения в свойствах почв. Перспективными методами в палеоклиматических исследованиях являются геохимические методы.

Цель исследования – получение информации о минералогическом составе и геохимической характеристике почв в горной ландшафтной зоне Среднего Урала.

Исследования проводили в почвах хребта Басеги, полностью включенного в состав «Государственного заповедника «Басеги». Климат типично горный, четко выделяется вертикальная зональность растительности и почвенного покрова. Почвенные разрезы (12 точек) заложены с высоты 930 м (гольцовый пояс) до 315 м (горно-лесной пояс). Отбор проб почвенных образцов проводили по генетическим горизонтам. Использовали субстантивно-профильную классификацию почв [5]. Валовый анализ почв проведен в лаборатории физико-химии почв рентгенофлуоресцентным методом в институте почвоведения имени В.В. Докучаева (г. Москва). Использовали геохимические индексы: $(Rb+Zr)/Sr$, Zr/Rb , Rb/Sr , Zr/TiO_2 , Pb/Ti , Al/Zr ; литохимические модули (АМ, НКМ, ГМ, ТМ); показатели выветривания (CIA, PIA). Применяли статистические методы обработки данных и информационно-логический анализ.

Почвенный покров представлен типами-подтипами почв отделов: слаборазвитые, альфегумусовые, структурно-метаморфические, органо-аккумулятивные, литоземы, глеевые, торфяные [7].

Соотношение $(Zr+Rb)/Sr$ отражает баланс между силикатными и карбонатными компонентами. В не карбонатных почвах показатель, скорее всего, отображает изменения в составе тяжелых минералов (например, циркона) сланцев. Варьирование показателя в почвах в диапазоне 1,65-4,09. Минимальные значения приурочены к почвам лугов и редколесья: серогумусовой почве (р. 28, 609 м н.у.м.), бурозему глееватому (р. 27, 595 м) и бурозему элювиированному (р. 19, 565 м).

Соотношение Zr/Rb показывает, что с увеличением высоты местности в почвах увеличивается размерность фракций. Максимум показателя (от 6,4 до 8,8) отмечен в подзоле (р. 31) на высоте 745 м н.у.м, минимальные значения зафиксированы (от 2,0 до 3,0) в почвах ниже 691 м над уровнем моря.

Коэффициент Rb/Sr предложен как разница в устойчивости различных минералов к выветриванию, а именно слюд и калиевых полевых шпатов, с которыми в ассоциации находится Rb и карбонатов, с которыми ассоциирует Sr [10]. Значения показателя варьируют в широком диапазоне в зависимости от климатических условий и минералогического состава почв. Так, в палеопочвах второй половины голоцена в зоне сухих степей, показатель Rb/Sr изменяется от 0,51 до 0,62 для влажных климатических эпох и от 0,37 до 0,48 для почв аридных условий формирования [1]. В подкурганных почвах в пределах лесостепной предгорной части Алтайского края на юге Западной Сибири коэффициент Rb/Sr изменяется от 0,1 до 0,3 [6]. Максимальные значения характерны для верхних горизонтов, где происходит накопление Rb при выветривании глинистых минералов), а остаются наиболее устойчивые к выветриванию гидрослюды, в которые входит Rb [1; 6].

Коэффициент Rb/Sr в почвах хребта Басеги находится в интервале от 0,273 до 1,202. Максимальные значения отмечаются для поверхностных горизонтов почв, за исключением серогумусовой почвы (609 м н.у.м.), формирующейся под луговым разнотравьем, где пик данного коэффициента отмечается на глубине 18-35 см (AYm). Таким образом, возможно, диагностировать погребенный гумусовый горизонт.

Коэффициент однородности Zr/TiO_2 варьирует от 0,025 до 0,062. Минимальные значения в буроземе ожелезненном (613 м), максимальные на высоте 930 м н.у.м. в дерново-подбуре. В почвах в гольцово-подгольцовом поясе отмечается постепенное изменение Zr/TiO_2 по профилю с уменьшением к породе. В горно-лесном поясе отмечается варьирование Zr/TiO_2 по профилю почв, что характеризует наличие привноса вторичного материала.

Изменения геохимических индексов по профилю исследуемых почв в горных ландшафтах позволяет заключить, что интенсивность почвообразования выше в почвах, формирующихся на высоте ниже 691 м, а интенсивность процессов осадконакопления, наоборот, имеет обратную тенденцию.

Для установления степени выветривания используют геохимические модули и коэффициенты [9]. В процессе выветривания происходит вынос SiO_2 и накопление Al_2O_3 ,

поэтому величина алюминиевого модуля $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ (AM) по мере выветривания должна расти, и, следовательно, числовые значения модуля AM могут служить мерой «химической зрелости» осадка. Величина AM в песчаниках составляет 0,11-0,22; а в глинистых породах 0,22-0,35 [2].

Диапазон данных AM в почвах хребта Басеги составляет 0,083-0,263. Исходя из полученных данных подзол (745 м) и бурозем грубогумусированный (794 м) более «зрелые» по сравнению с остальными исследуемыми почвами и ближе по своему составу к легким песчаным породам. Это подтверждено и исследованиями О.А. Лузяниной [4]. Молодость отложений почв межгорной седловины (р. 27, 595 м) обусловлена воздействием позднеголоценовых оледенений, в то время как почвы верхних частей склонов оказались не затронуты или подверглись незначительному воздействию процессов, вызванных малым ледниковым периодом. В почвах, на высоте <700 м н.у.м. AM составляет 0,208-0,263, что означает переработку пород и мелкозема в результате сильного и глубокого выветривания.

Натриево-калиевый модуль НКМ содержит информацию о соотношении двух главных типов щелочных алюмосиликатов: полевых шпатов и слюд. Слюды являются более глиноземистыми, чем полевые шпаты, в связи с чем, низкие значения НКМ свидетельствуют о преобладании слюд, а высокие – о преобладании полевых шпатов [9]. Значение НКМ для мусковита равно 0,31. Если НКМ породы больше 0,31, то в ней присутствует калиевый полевой шпат (или какой-то иной высококалиевый минерал). Если НКМ меньше 0,31, то присутствие калишпата, хотя и возможно, но уже не обязательно.

В почвах хребта Басеги значения НКМ ниже 0,40 и это указывает на то, что присутствие полевых шпатов в почвах незначительно, и они не являются породообразующими. «Чувствительность» геохимического модуля выше в кислых условиях. По модулю НКМ почвы можно отнести к гипощелочным (<0,20) и нормально-щелочным (0,20-0,40). В горизонтах почв, где отмечается узкое отношение $(\text{K}+\text{Na})/\text{Al}$, морфологически выражены процессы элювиирования и ожелезненности (0,21-0,28). Максимальной степенью элювиирования отличается подзол (р. 31, 745 м). Итак, НКМ диагностирует степень выщелоченности и элювиирования в профиле.

При минимальном гидролизатном модуле (ГМ), более высокие значения имеет титановый модуль (ТМ), что может служить признаком рециклизации. Подзол грубогумусированный и горизонт АУ бурозема элювиированного претерпевали вторичную переработку материала. Четкая отрицательная корреляция данных модулей (-0,65) отражает процесс природного шлихования песчаного осадка – отмывку глинистой и относительное накопление тяжелой фракции, в состав которой входят зёрна минералов устойчивых к физическому и химическому выветриванию.

Рассчитан показатель интенсивности химического выветривания CIA [11]. CIA отражает соотношение первичных и вторичных минералов и называется коэффициентом химического выветривания, показателем динамики климата. Пороговым значением для отложений, формировавшихся в условиях холодного климата, является величина $\text{CIA}=70$ единиц. Выше этой величины климат считается гумидным, в интервале значений 60-70 единиц – переходным, менее 60 – относительно аридным.

Показатель CIA изменяется в почвах хребта Басеги от 70 до 95 единиц, что указывает на гумидные и увлажненные условия почвообразования, и что минеральная часть почв прошла существенную переработку. Близкие коэффициенты сообщают, что существенных флуктуаций на территории не наблюдалось, климат на протяжении всего педогенеза сохранял влажную тенденцию, аридные фазы не зафиксированы. Эти данные в полной мере согласуются с литературными данными об истории климата на протяжении голоцена для низкогогорья Среднего Урала. Более выветрелыми являются дерново-подбур и буроземы – 80-83 ед. Считается, что на сильно выветрелые поверхности, экспонируется эродирование палеопочвы со стирающей или наложенной записью информации, отражающие экзогенез

Установлено, что условия выветривания и почвообразования в горных ландшафтах различаются от экспозиции склона и высоты местности. Выстраивается ряд почв по

усилению химического изменения и степени выветрелости: подзол (745 м) < серогумусовая (609 м) < бурозем глинисто-иллювирированный (315 м), бурозем элювирированный (613, 565 м) < глеезем (518 м) < бурозем глееватый (595, 577 м) < дерново-подбур (930 м) < бурозем грубогумусированный (794 м) < бурозем ожелезненный (691, 590 м). Итак, в подзоле в большей степени проявляется физическое выветривание минеральной части почвы, чем химическое, а в буроземе ожелезненном, напротив, наблюдаем обратное.

Определена связь между РІА и высотными условиями (> 700 м, < 700 м) и специфичные состояния РІА: значения РІА менее 80 ед. наиболее специфичны для почв на высоте более 700 м, а более 80 ед. – для почв, на высоте менее 700 м н.у.м. В первом случае для почв характерно низко умеренное химическое выветривание, во втором случае – интенсивное химическое выветривание.

На основе геохимической индикации установлены эволюционно-генетические особенности горных почв Среднего Урала на примере хребта Басеги. В почвах в переходных экотонах и геоморфологически переходных зонах (границы поверхностей выравнивания, межгорная седловина) по литогеохимическим индексам установлено минимально проявляющееся химическое выветривание субстрата при максимальном его физическом (морозном) выветривании. Более выветрелыми являются почвы на высоте более 700 м н.у.м. (криволесье, горная тундра). Различная степень преобразованности минеральной части почв диагностирует разновозрастность профилей, диагностических горизонтов и генетических признаков. СІА диагностирует степень химического выветривания минеральной массы в почвах: от умеренной (60-80 ед.) в переходных зонах экотонных (в подзоле, серогумусовой, буроземе глееватом) до активной (более 80 ед.) в подбурх тундры, буроземах подгольцового и горно-лесного пояса, глееземах. В почвах горной тайги и паркового леса преобладают процессы почвообразования над выветриванием, а выше – в большей степени проявляются процессы выветривания. Резкие литогеохимические различия почв установлены на границе 700 м н.у.м. Таким образом, почвы на изучаемой территории испытывали смену экологических условий в процессе своего формирования.

Список литературы

1. Алексеев А.О., Калинин П.И., Алексеева Т.В. Почвенные индикаторы параметров палеоэкологических условий на юге Восточно-Европейской равнины в четвертичное время // Почвоведение. 2019. № 4. С. 389–399.
2. Дуб С.А., Мизенс Г.А. Геохимические индикаторы фациальных и геодинамических обстановок карбонатного осадконакопления на востоке Среднего Урала в кизеловское время. // Вестник Пермского университета. 2017. Т. 16. № 4. С. 330–339.
3. Кулижский С.П., Родикова А.В. Геохимическая дифференциация почв котловины озера Ши́ра // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 3(7). С. 103–108.
4. Лузянина О.А. Эволюция почвенного покрова заповедника «Басеги» в голоцене (Западный макросклон Среднего Урала): дисс. канд. биол. наук. М.: ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, 2016. 172 с.
5. Полевой определитель почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
6. Приходько В.Е., Азаренко Ю.А., Шаяхметов М.Р., Тишкин А.А., Горбунов В.В., Пивоварова Е.Г. Реконструкция климата средневековья на основе почвенных и геохимических исследований курганов сrostкинской культуры и ее локализация на юге Западной Сибири // Почвоведение. 2020. № 3. С. 261–278.
7. Самофалова И.А. Геомоделирование почвенного покрова на основе обобщённого пространственного анализа территории заповедника «Басеги» (Средний Урал) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Межд. конф. М.: Издательство МГУ, 2020. Т. 26. Ч. 4. С. 131–146.

8. Самофалова И.А. Диагностика процессов почвообразования и выветривания по содержанию щелочных и щелочноземельных макроэлементов в почвах Среднего Урала (хребет Басеги) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2020. Т. 162. Кн. 4. С. 592–611.
9. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.
10. Gallet S., Borming J., Masayuki T. Geochemical characterization of the Luochuan loess-paleosol sequence China and paleoclimatic implications // Chemical Geology. 1996. Vol. 133. P. 67–88.
11. Nesbitt H.W., Young G.M. Formation and diagenesis of weathering pro-files // J. Geol., 1989. Vol. 97. № 2. P. 129–147.
12. Nordt L.C., Driese S. New weathering index improves paleorainfall estimates from Vertisols // Geology. 2010. Vol. 38. P. 407–410. <https://doi.org/10.1130/G30689.1>

ИЗОТОПНАЯ НИША БЕРИНГОВА БАКЛАНА (*URILE PELAGICUS*) В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Исследование пространственно-временной изменчивости изотопной ниши берингова баклана (*Urile pelagicus*) в северной части Тихого океана выявило чёткие географические различия. Полученные значения $\delta^{13}\text{C}$ подтверждают приуроченность питания вида к прибрежным экосистемам, а $\delta^{15}\text{N}$ соответствует высокому трофическому уровню рыбоядных птиц. Популяции Чукотского полуострова демонстрируют статистически значимое обогащение изотопов азота и углерода, что связано с повышенными базальными уровнями этих изотопов в высокопродуктивных арктических экосистемах. В то же время, анализ костных остатков из археологических памятников Камчатки и Курильских островов (возрастом от 3990 до 150 л.н.) не выявил значимых временных изменений в изотопном составе, что может свидетельствовать о стабильности трофической ниши вида на протяжении четырёх тысячелетий.

Ключевые слова: Берингов баклан, *Urile pelagicus*, стабильные изотопы, изотопная ниша, Берингово море

S.V. Samsonov¹, S.V. Fomin², O.A. Krylovich¹, A.V. Panteleev³, A.B. Savinetsky¹

¹IPEE RAS, Moscow, Russia

²KF TIG FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

³ZIN RAS, Saint-Petersburg, Russia

s.v.samsonov95@gmail.com

ISOTOPIC NICHE OF THE PELAGIC CORMORANT (*URILE PELAGICUS*) IN THE NORTH PACIFIC OCEAN

A study of spatiotemporal variability of the isotopic niche of the Pelagic cormorant (*Urile pelagicus*) in the North Pacific Ocean revealed clear geographical differences. The obtained $\delta^{13}\text{C}$ values confirm the confinement of the species' diet to coastal ecosystems, and $\delta^{15}\text{N}$ corresponds to a high trophic level of fish-eating birds. Populations of the Chukotka Peninsula demonstrate statistically significant enrichment of nitrogen and carbon isotopes, which is associated with elevated basal levels of these isotopes in highly productive Arctic ecosystems. At the same time, analysis of bone remains from archaeological sites of Kamchatka and the Kuril Islands (aged from 3990 to 150 years ago) did not reveal significant temporal changes in the isotopic composition, which may indicate the stability of the species' trophic niche over four millennia.

Keywords: Pelagic cormorant, *Urile pelagicus*, stable isotopes, isotopic niche, Bering Sea.

Северная часть Тихого океана, в частности, Берингово море, представляет собой регион исключительно высокой биологической продуктивности, где происходят интенсивные климатические изменения. Эти изменения оказывают прямое воздействие на структуру пелагических и донных сообществ, перестраивая трофические сети и влияя на ключевые виды, такие как рыбоядные морские птицы. Берингов баклан (*Urile pelagicus*) является одним из доминантных видов-ихтиофагов в прибрежных экосистемах региона и, в силу своей высокой численности, массовости и трофической пластичности, выступает как биоиндикатор состояния морских экосистем.

Ареал вида включает в себя побережья и неритическую зону Берингова моря (п-ов Чукотка, п-ов Аляска, п-ов Камчатка, о-ва Командорско-Алеутской островной гряды), к югу тянется по евразийскому побережью до тихоокеанского побережья Кореи и Китая, включая в себя о. Сахалин, Курильские о-ва и Японию. Его североамериканский ареал простирается от Аляски до п-ва Нижняя Калифорния в Мексике.

Из-за широкого распространения и большой численности берингов баклан являлся объектом промысла северных коренных народов (чукчи, эскимосы, ительмены, алеуты и др.). Костные остатки вида обнаружены в большинстве археологических памятников в пределах ареала, при этом кости бакланов в алеутских стоянках были одними из многочисленных по сравнению с другими видами птиц [4; 8].

Традиционные методы изучения рациона птиц, такие как анализ желудков и погадок, предоставляют ценную информацию, но имеют существенные ограничения: они дают лишь поверхностный срез о питании вида в конкретный сезон и, зачастую, основан на трудноперевариваемых объектах: костях, фрагментах раковин и панцирей. В отличие от них, анализ стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) в тканях животного позволяет реконструировать интегрированную во времени трофическую историю особи. Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$) служит индикатором источника первичной продукции (например, различие между пелагическими и неритическими экосистемами), в то время как изотопный состав азота ($\delta^{15}\text{N}$) может выступать показателем трофического уровня животного. За счет фракционирования тяжелых изотопов азота и углерода, степень накопления их в тканях живых организмов также различается. По сравнению с перьями, мышцами и тканями внутренних органов, костная ткань имеет более длительный период обновления углерода и азота в коллагене и, как следствие, отражает изотопный сигнал, характерный для большей части жизни птицы [5; 9].

Основными объектами питания берингова баклана являются песчанковые (Ammodytidae), тресковые (Gadidae), масляковые (Pholidae) и бычки (Cottidae), встречаются в рационе и беспозвоночные – в основном креветки (Thoridae) и крабы (Haplogastriidae, Paguridae) [6]. Берингов, наравне с другими видами бакланами, занимает наиболее высокий трофический уровень среди морских птиц [13; 14]. Однако данные по питанию в западной части ареала практически отсутствуют и требуют уточнения [6].

Целью нашей работы было оценить пространственную и временную изменчивость изотопной ниши берингова баклана в различных районах Северной части Тихого океана (Берингово море, тихоокеанское побережье Камчатки и Алеутских о-вов, Курильских о-вов и о. Сахалин) для выявления особенностей его трофической экологии и роли в морских сообществах.

Мы использовали кости берингова баклана из археологических памятников и прибрежных отложений, чтобы проанализировать особенности изотопной подписи в западной части ареала (табл. 1).

Таблица 1. Значения $\delta^{13}\text{C}$ или $\delta^{15}\text{N}$ коллагена костей бакланов в западной части ареала.

Локалитет	Период	N	Mean $\pm$ SD ($\delta^{13}\text{C}$)	Mean $\pm$ SD ($\delta^{15}\text{N}$)
Чукотка	1300-800 л.н. [7]	14	-12,48 $\pm$ 0,41	17,86 $\pm$ 0,80
о. Верхотурова	600-400 л.н. [2]	12	-11,78 $\pm$ 0,41	15,06 $\pm$ 0,38
о. Беринга	1800-0 л.н.	9	-12,18 $\pm$ 0,88	14,67 $\pm$ 0,84
о. Шемя	2700-2000 л.н. [8]	11	-12,01 $\pm$ 0,61	16,23 $\pm$ 1,13
Камчатка (Юг)	3 990-3 640 л.н. [3]	18	-11,83 $\pm$ 0,69	15,96 $\pm$ 1,19
о. Уруп	245-150 л.н.	10	-11,83 $\pm$ 0,46	15,64 $\pm$ 1,16
о. Сахалин	1600-1200 л.н. [1]	17	-11,39 $\pm$ 0,56	16,55 $\pm$ 0,67

Согласно полученным данным, значения $\delta^{13}\text{C}$ в каждом из исследованных регионов свидетельствует о питании вида в прибрежных экосистемах, а $\delta^{15}\text{N}$ соответствует сигналу преимущественно рыбоядных птиц, занимающих высший трофический уровень среди морских птиц [13; 14].

Среди исследованных регионов достоверные отличия изотопной подписи были выявлены для популяции с Чукотского полуострова, являющегося самой северной частью ареала вида. Повышенные значения $\delta^{15}\text{N}$ и $\delta^{13}\text{C}$ в тканях бакланов этого региона, вероятно, отражают более высокие базальные уровни этих изотопов в локальной пищевой сети, что характерно для высокопродуктивных арктических экосистем [11]. В то же время, значимых различий в изотопном составе между образцами из южной части Камчатки (3990–3640 л.н.) и более поздними – из северной части Камчатки (600–400 л.н.) и с о. Уруп (245–150 л.н.) – обнаружено не было. Это свидетельствует о долговременной стабильности трофической ниши баклана в этих районах.

Мы предполагаем, что пространственные вариации изотопного состава берингова баклана в первую очередь обусловлены региональными факторами, влияющими на базальный изотопный сигнал в морских экосистемах. К таким факторам относятся температура воды, интенсивность процессов азотфиксации и денитрификации, физиология и скорость роста фитопланктона, а также система океанических течений, обеспечивающая смешение водных масс с различным исходным изотопным составом [10; 12].

Список литературы

1. Алексеева Э.В., Раков В.А., Горбунов С.В. Каталог археологических памятников Сахалина с раковинными кучами и остатками фауны // Тымовское: Тымовский краеведческий музей. 2004.
2. Крылович О.А., Васюков В.Д., Пташинский А.В. Остеологический материал из археологического памятника острова Верхотурова (северо-восток п-ва Камчатка) // Динамика современных экосистем в голоцене: мат-лы Рос. науч. конф. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. С. 122–127.
3. Лебединцев А.И. Проблема происхождения, локализации и хронологии тарьинской поздненеолитической культуры Камчатки // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: История. Филология. 2023. Т. 22. №. 5. С. 52–63.
4. Crockford S. Archaeozoology of Adak Island: 6000 years of subsistence history in the central Aleutians // The People Before: The Geology, Paleoecology and Archaeology of Adak Island, Alaska/British Archaeological Reports International Series. 2012. Vol. 2322. P. 109–145.
5. Hobson K., Clark R. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ^{13}C in tissues // The Condor. 1992. Vol. 94. Iss. 1. P. 181–188.
6. Hobson K.A. Pelagic Cormorant (*Urile pelagicus*), version 1.1. In Birds of the World (Editor not available). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. 2021.
7. Khasanov B., Fitzhugh B., Nakamura T., Okuno M., Hatfield V., Krylovich O., Vasyukov D., West D., Gorlova E., Savinetsky A. New data and synthesis of ΔR estimates from the northern Pacific Ocean // Quaternary Research. 2022. Vol. 108. P. 150–160.
8. Lefèvre C., Corbett D., Crockford S., Czederpiltz J., Partlow M., West D. Faunal remains and intersite comparisons // The people at the end of the world: the Western Aleutian Project and the archaeology of Shemya. 2010. P. 133–157.
9. Mizutani H., Kabaya Y., Wada E. Nitrogen and carbon isotope compositions relate linearly in cormorant tissues and its diet. 1991.
10. Rau G., Takahashi T., Marais D. Latitudinal variations in plankton $\delta^{13}\text{C}$: implications for CO_2 and productivity in past oceans // Nature. 1989. Vol. 341. Iss. 6242. P. 516–518.
11. Schell D., Barnett B., Vinette K. Carbon and nitrogen isotope ratios in zooplankton of the Bering, Chukchi and Beaufort seas // Marine Ecology Progress Series. 1998. Vol. 162. P. 11–23.

12. *Sigman D., Casciotti K.* Nitrogen isotopes in the ocean // Encyclopedia of ocean sciences. 2001. Vol. 3. P. 1884–1894.
13. *Sydeman W., Hobson K., Pyle P.* Trophic relationships among seabirds in central California: combined stable isotope and conventional dietary approach // The Condor. 1997. Vol. 99. Iss. 2. P. 327–336. <https://doi.org/10.2307/1369938>
14. *Wainright S., Haney J., Kerr C., Golovkin A., Flint M.* Utilization of nitrogen derived from seabird guano by terrestrial and marine plants at St. Paul, Pribilof Islands, Bering Sea, Alaska // Marine Biology. 1998. Vol. 131. Iss. 1. P. 63–71.

БАЗА ДАННЫХ ПАЛЕОАРХИВОВ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ – PALEOPERM: ОБНОВЛЕННАЯ СВОДКА

В кратком сообщении приводятся основные результаты обновления базы данных палеоархивов позднего плейстоцена и голоцена Пермского Прикамья – PaleoPerm. Исходная версия базы данных была создана в 2022 г. За прошедшие три с половиной года опубликовано 19 новых научных работ, в которых приводятся сведения о 12 вновь изученных палеоархивах природной среды.

Ключевые слова: палеогеография, палеоэкология, Пермский край

P.Yu. Sannikov¹, E.A. Novikova¹, L.S. Shumilovskikh², S.V. Kopytov¹

¹Perm State University, Perm, Russia

²University of Göttingen, Göttingen, Germany

sol1430@gmail.com

THE DATABASE OF LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE PALEOARCHIVES IN THE PERM KAMA REGION – PALEOPERM: UPDATED SUMMARY

This brief report presents the main results of updating the PaleoPerm database of late Pleistocene and Holocene paleoarchives from the Perm Kama region. The initial version of the database was created in 2022. Over the past three and a half years, 19 new scientific papers have been published, presenting information on 12 newly studied paleoarchives of natural environments.

Keywords: paleogeography, paleoecology, Perm region

В 2022 г. была создана база данных (далее – БД) палеоархивов позднего плейстоцена и голоцена Пермского Прикамья – PaleoPerm [3]. В ней были проанализированы все опубликованные научные работы, касающиеся исследований палеоархивов природной среды региона по состоянию на начало 2022 г. За прошедшие три с половиной года исследования палеогеографической, палеоэкологической направленности Пермского Прикамья продолжались, назрела необходимость подготовки новой, обновленной сводки изученных палеоархивов.

Обновление базы данных PaleoPerm было основано на поиске научных работ, опубликованных за период с 2022 г. по настоящее время. В результате в состав БД дополнительно включено 19 публикаций. Наиболее содержательными из них являются 9 статей [1-3; 5-10].

Во вновь опубликованных работах представлены данные о 12 новых палеоархивах природной среды. Для их изучения применялся комплекс методов, часть из которых для региона опробована впервые. Так, для изучения отложений оз. Новожилово впервые были применены диатомовый и хирономидный анализ, а также тefрахронология. Все новые палеоархивы можно разделить на 4 группы:

- болотные и аллювиальные отложения в районе Косинских мезолитических стоянок вблизи устья р. Лолог озер Камско-Кельтминской низменности – 6 колонок [1; 2; 7];
- отложения озер Камско-Кельтминской низменности – 3 колонки [9];
- торфяники Красавинского и Пальтинского болот близ г. Перми – 2 колонки [5; 6];

– торфяник Уинского болота на юго-востоке региона – 1 колонка [8];

Обновленная база данных включает данные о 136 палеоархивах, материалы по которым приводятся в 76 научных публикациях.

У более чем трех четвертей объектов лабораторно определен возраст, однако при этом часто датирован лишь один образец. Наиболее древние из изученных отложений – культурные слои палеолитических стоянок Гарчи и Заозерье – имеют возраст 33,0 и 40,3 тыс. кал. л.н., соответственно. Наибольший возраст среди хорошо изученных непрерывных палеоархивов определен для отложений Красавинского болота (14,8 тыс. кал. л.н.) [5] и озера Новожилова (14,1 тыс. кал. л.н.) [9]. Средний базальный возраст продатированных отложений – 6,5 тыс. кал. л.н.

По преобладающих генетическим типам отложений изученные палеоархивы распределены следующим образом: аллювиальные (80), болотные (34), полигенетические отложения (11), озерные (6), культурный слой (4), покровные (2).

Некоторые наиболее активные действующие исследователи позднего плейстоцена и голоцена Пермского Прикамья: палеогеографы С.В. Копытов, Н.Е. Зарецкая, А.В. Чернов; палинологи Л.С. Шумиловских, В.А. Баталова, Е.Г. Лаптева; палеокарполог С.С. Трофимова; археологи М.Л. Перескоков, Е.М. Орлова, Е.В. Лычагина, Д.А. Демаков.

Все материалы PaleoPerm доступны по ссылке – <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19149824.v3>

Список литературы

1. Демаков Д.А., Лычагина Е.Л., Зарецкая Н.Е., Копытов С.В., Чернов А.В., Лаптева Е.Г., Трофимова С.С., Косинцев П.А. Косинские мезолитические стоянки в контексте истории природной среды верхнего Прикамья в позднеледниковье и раннем голоцене // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54. № 1. С. 74–89. <https://doi.org/10.31857/S0435428123010042>
2. Копытов С.В., Чернов А.В., Демаков Д.А., Лычагина Е.Л., Зарецкая Н.Е. Верхняя Кама и ее притоки в позднем плейстоцене и голоцене: реконструкция природных условий и освоение человеком // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2023. Т. 5. № 2. С. 191–201. <https://doi.org/10.34753/HS.2023.5.2.191>
3. Лаптева Е.Г., Трофимова С.С., Зарецкая Н.Е., Лычагина Е.Л. Динамика природной среды Верхнего Прикамья в голоцене по материалам изучения болот // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 3. С. 5–19.
4. Мехоношина Е.А., Копытов С.В., Санников П.Ю., Шумиловских Л.С. База данных палеоархивов позднего плейстоцена и голоцена Пермского Прикамья – PaleoPerm // Антропогенная трансформация природной среды. 2022. Т. 8. № 1. С. 58–77. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2022-1-58-77>
5. Batalova V., Sannikov P., Kopytov S., Novikova E., Pereskokov M., Mingalev V., Orlova E., Vyazov L., Shumilovskikh L. Palaeoecological signals of floodplain and terrace peatlands highlight ancient land-use features in the Mid-Kama Valley (cis-Urals, Russia). *Anthropocene*, submitted. 2025.
6. Batalova V., Sannikov P., Pereskokov M., Mingalev V., Vyazov L., Salova J., Novikova E., Mekhonoshina E., Orlova E., Shumilovskikh L. Natural conditions and sociocultural development in the Mid-Kama region (cis-Ural, Russia) over the last ten millennia: insights from the Shabunichi-1 peat core // *Vegetation History and Archaeobotany*. 2025. Vol. 34. P. 439–458. <https://doi.org/10.1007/s00334-024-01025-4>
7. Demakov D., Lychagina E., Zaretskaya N., Kopytov S., Chernov A., Lapteva E., Trofimova S., Kosintsev P. Kosa Mesolithic Sites in the Context of the Palaeoenvironmental History of the Upper Kama Basin in the Late Glacial and Early Holocene // *Doklady Earth Sciences*. 2022. Vol. 507. Iss. S1. P. 92–103. <https://doi.org/10.1134/S1028334X22601201>

8. Hiebenga M., Orlova E., Pereskokov M., Abdulmanova I., Sannikov P., Batalova V., Novikova E., Mekhonoshina E., Giesecke T., Shumilovskikh L. Holocene history of the Kungur forest-steppe (cis-Urals, European Russia): case study Uinskoe mire // *Quaternary Science Reviews*. 2024. Vol. 337. 108792. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108792>
9. Kopytov S., Zaretskaya N., Konstantinov E., Lapteva E., Sannikov P., Sychev N., Mekhonoshina E. Palaeoenvironment of the Upper Kama Region during the Late Glacial and Early Holocene (Novozhilovo Lake Sediments Case Study) // *Doklady Earth Science*. 2024. Vol. 519. Part 2. P. 2208–2216. <https://doi.org/10.1134/S10283334X24603341>
10. Lapteva E., Zaretskaya N., Lychagina E., Trofimova S., Demakov D., Kopytov S., Chernov A. Holocene vegetation dynamics, river valley evolution and human settlement of the upper Kama valley, Ural region, Russia // *Vegetation History and Archaeobotany*. 2023. Vol. 32. Iss. 4. P. 361–385. <https://doi.org/10.1007/s00334-023-00913-5>

Т.В. Сапелко, М.А. Науменко
Институт озераедения РАН – СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия
tsapelko@mail.ru

ГОЛОЦЕНОВАЯ ИСТОРИЯ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕР НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлен обзор исследований Института озераедения РАН, связанных с голоценовой историей озер Нижегородской области. Методологической основой является применение междисциплинарного подхода, включавшего в себя комплексные палеолимонологические (палинологический, диатомовый, остракодологический, кладоцерный, литологический, геохимический и радиоуглеродный) методы совместно с морфометрическими исследованиями. Построены 3-х мерные модели рельефа дна нескольких озер и рассчитаны их морфометрические характеристики. Получены результаты геодезических работ береговой зоны оз. Светлояр и результаты исследования его дна с помощью водолазных работ.

Ключевые слова: малые озера, палеолимонология, морфометрия, донные отложения

T.V. Sapelko, M.A. Naumenko
Institute of Limnology RAS – SPC RAS, St. Petersburg, Russia
tsapelko@mail.ru

HOLOCENE HISTORY AND MORPHOMETRIC FEATURES OF LAKES IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION

A review of the studies of the Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences related to the Holocene history of lakes in the Nizhny Novgorod Region is presented. The methodological basis is the use of an interdisciplinary approach, which included complex paleolimnological (pollen, diatom, Ostracoda, Cladocera, lithological, geochemical and radiocarbon) methods together with morphometric studies. 3-dimensional models of the bottom relief of several lakes were constructed and their morphometric characteristics were calculated. The results of geodetic work on the Lake Svetloyar coastal zone and the results of studying its bottom using diving operations were obtained.

Keywords: small lakes, paleolimnology, morphometry, lake sediments

Первые исследования озер Нижегородской области были связаны с интересом к оз. Светлояр, происхождением которого еще в конце XIX и начале XX веков занимались В. В. Докучаев и С. Д. Муравейский. В 1960-1970-е годы предпринимались геологические исследования, которые добавили предположения о происхождении озера. Высказывались ледниковая, метеоритная, карстовая и другие гипотезы. Безусловно, такое внимание к небольшому лесному озеру связано с известной легендой о городе Китеже, который погрузился под воду оз. Светлояр во время нашествия Батыя. В своем романе «В лесах» П.И. Мельников-Печерский, а затем Н.А. Римский-Корсаков в своей опере «Сказание о невидимом граде Китеже и девице Февронии» прославили этот сюжет, благодаря чему история этого озера до сих пор привлекает людей. Также оз. Светлояр является памятником природы федерального значения. В связи с такой популярностью неудивительно, что наши исследования истории озер Нижегородской области начались с оз. Светлояр. Озеро расположено у села Владимирского Воскресенского района Нижегородской области в бассейне р. Лянды, притока Ветлуги (рис.1).

Первые комплексные палеолимонологические исследования голоценовой истории оз. Светлояр начались **в марте 2002г.** Экспедицией под руководством В.В. Дерягина в северо-западной части оз. Светлояр (56°49' с.ш.; 45°05' в.д.) с глубины 8,9 м поршневым буром Ливингстона со льда была отобрана колонка донных отложений мощностью 8,2 м [1], которая

затем изучалась в Институте озераедения РАН (ИНОЗ РАН). Колонка проанализирована с помощью палинологического, диатомового, остракодологического, кладоцерного и радиоуглеродного анализов [5-6;9]. В результате комплексных исследований выявлены основные этапы развития оз. Светлояр в позднеледниковье и голоцене. Сделаны выводы о существовании в позднеледниковье на месте оз. Светлояр большого олиготрофного водоема, после спуска которого отмечен перерыв осадконакопления. Современное озеро начало формироваться около 10500 лет назад.

В августе 2011 г. состоялась экспедиция ИНОЗ РАН под руководством Т.В. Сапелко, в результате которой проведены новые комплексные исследования на оз. Светлояр. С целью уточнения происхождения и голоценового развития оз. Светлояр проведен отбор колонок донных отложений в 4-х точках озера, а также колонки отбирались на озерах Нестиар и Озерское [7]. Впервые проводились высокоточные измерения глубин дна озера Светлояр и Озерское для построения моделей рельефа дна озера

В результате новых исследований построены морфометрические модели для установления распределения глубин и уклонов озера Светлояр и Озерское [3;4]. Выполнено комплексное исследование донных отложений оз. Светлояр. Помимо литологического и микропалеонтологических анализов, получены результаты геохимического анализа [8] и радиоуглеродные датировки. С целью сравнительного анализа сходства происхождения, морфометрических особенностей и развития озера в голоцене помимо оз. Светлояр проводилось изучение и других озера Нижегородской области.

Озеро Светлояр (56°49' с.ш.; 45°05' в.д.; рис. 1Б) имеет округлую форму котловины с площадью зеркала 0,15 км², расположена на абсолютной отметке 109 м. С помощью эхолота и GPS проведены измерения глубины озера Светлояр. Более 25 000 измерений, в том числе и уреза воды, позволили создать морфометрическую модель размером 50 x 37 узлов с пространственным шагом 10 м, с помощью которой с высокой точностью определены морфометрические характеристики озера [3;4]. Уточнены максимальная глубина озера –32,7 м и средняя глубина – 9,5 м. На основе верифицированной модели распределения глубин построена карта уклонов озера Светлояр. Отбор колонок донных отложений [7] проводился Русским буром в разных частях озера (в 4-х точках). В точке 1 с глубины 2,2 м в северной части озера отобрана колонка донных отложений мощностью 3,53 м. Отобрано 6 кернов с перекрытиями для корреляции литологических границ. В точке 2 с глубины 3,6 м в юго-западной части озера отобран нижний керн мощностью 1 м (6,46 – 5,46 м). Литологический состав верхних кернов схож в точках 1 и 2. В точке 3 с глубины 2,4 м в северо-западной части озера отобрано 2 керна мощностью 1,89 м. Интересно, что в нижних слоях во всех кернах присутствует глинистый и торфянистый слои, т.е. на всей акватории современного озера процессы формирования озера шли одинаково. В точке 4 было пробурено небольшое болото, примыкающего с северного берега к озеру, где отобран керн 0,75-1,75 м. В нижней части керна обнаружен глинистый слой, аналогичный нижнему слою в озере. Это подтверждает нашу версию о более крупном водоеме, который существовал в позднеледниковье. Из колонок донных отложений всех точек отобраны образцы на AMS – датирование. Для установления степени отражения современной растительности в донных отложениях озера и определения современных комплексов диатомовых водорослей отобраны поверхностные пробы донных отложений оз. Светлояр. В целом, нижняя часть разреза донных отложений представлена минеральными серыми слабо опесчаненными глинами, а также глинистыми песками и алевролитами. Максимальная вскрытая мощность минеральных глин составила 1 м. В верхней части глинистого слоя отмечено большое количество раковин остракод. Переход от глин к торфянистому горизонту резкий. В торфе отмечено большое количество неразложившихся растительных макроостатков. Мощность торфа до 50 см в колонках, отобранных с глубин до 5 м и мощность до 1 м в колонке с глубины 9 м. Верхняя часть разреза сложена бурыми однородными и грубодетритовыми гиттиями, где отчетливо выделяются прослои с растительными макроостатками. Общая мощность гиттии в прибрежной части озера (на глубинах 3-5 м) составляет 1-3 м и достигает 7 м в

глубоководной колонке. Донные отложения изучены с помощью геохимического анализа. Выявленная вероятность влияния антропогенных факторов на накопление фосфора и органического вещества не существенна; самое существенное антропогенное влияние установлено для накопления ванадия и железа в донных отложениях оз. Светлояр, а также содержания меди и марганца. [7,8].

Помимо оз. Светлояр изучались и другие озера Воскресенского района Нижегородской области по некоторым своим особенностям сходные с оз. Светлояр. Летом 2011 г. изучены озера Нестиар и Озерское [7].

Нестиар (56°33' с.ш.; 45°19' в.д.; рис. 1Б) - мелководное озеро с довольно плоским дном и мощным слоем сапропелей расположено на абсолютной отметке 105 м над уровнем моря с глубинами до 2,5 м. На оз. Нестиар отобрано 2 колонки донных отложений. В точке 1 с глубины 2,5 м отобрано 8 кернов общей мощностью 6.8 м. В точке 2 с глубины 2,1 м отобрано 2 керна мощностью 1,80 м. Также отбирались образцы на AMS – датирование и поверхностные пробы.

Озерское (56°45' с.ш.; 45°24' в.д.; рис. 1Б) – глубокое озеро с максимальной глубиной 18 м расположено на абсолютной отметке 96,3 м над уровнем моря. На оз. Озерское отбор донных отложений осуществлялся в 3 точках. В точке 1 с глубины 2,2 м в северной части озера отобран керн 10,88 - 9,88 м. В точке 2 с глубины 1 м отобран керн 9,63 - 8,63 м. В точке 3 с глубины 3,7 м отобрана колонка донных отложений общей мощностью 2,63 м (3 керна). Также отбирались образцы на AMS – датирование и поверхностные пробы.

В обоих озерах в нижней части колонок донных отложений отмечены глинистые слои также, как и в оз. Светлояр. Однако дальнейшее голоценовое осадконакопление происходили в различных условиях.

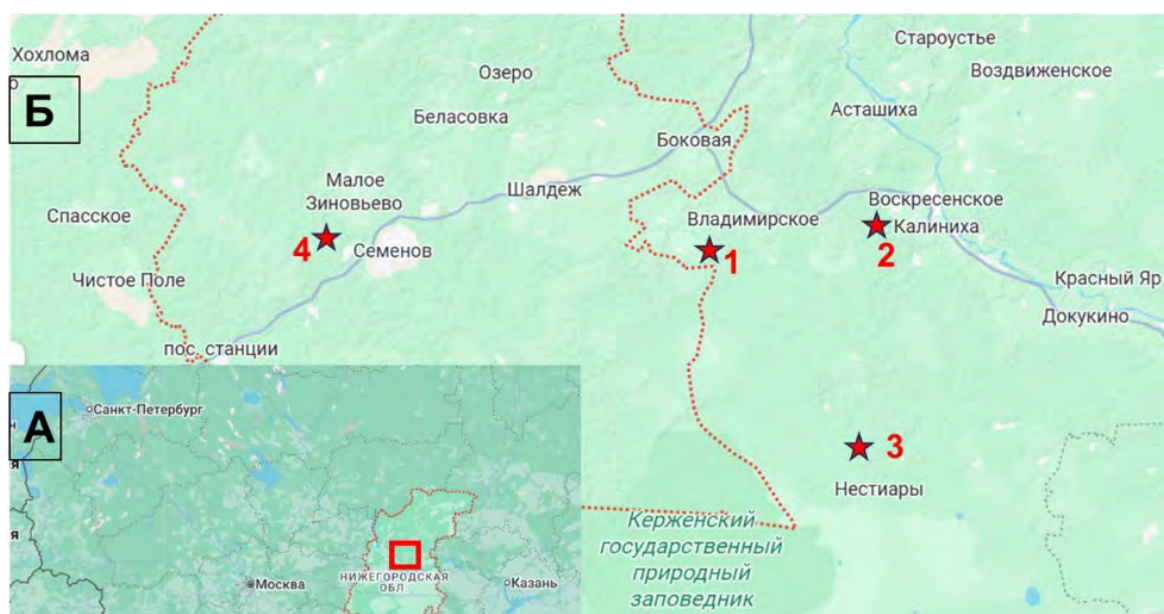


Рис. 1. Карта исследований: А - район исследований; Б – Изучаемые озера: 1 – оз. Светлояр; 2 – оз. Озерское; 3 – оз. Нестиар; 4 – оз. Лесное

Летом 2013 г. исследования на озерах Нижегородской области возобновились. Экспедиция состоялась при участии ИНОЗ РАН и Российского государственного гидрометеорологического университета. На оз. Светлояр проведены водолазные работы; выполнены геодезические работы по берегам озера. Начаты исследования еще на одном озере. Озеро Лесное расположено в Володарском районе Нижегородской области (рис. 1Б). На оз. Лесном выполнены высокоточные измерения глубин дна

На оз. Светлояр выполнено погружение водолаза на максимальную глубину и сделана видеосъемка дна озера. Установлена значительная мощность неконсолидированного слоя донных отложений около 1 м. Выполнено два профиля: от максимальной глубины 32,7 м до

юго-западного берега озера и от изобаты 10 м в центре озера до юго-восточного берега. Получены видеоизображения поверхности дна по обоим профилям. Установлено отсутствие подземных источников на дне озера, хотя ранее считалось, что питание озера – родниковое. По результатам наших исследований установлено, что питание озера Светлояр осуществляется посредством атмосферных осадков. Также выполнена топосъемка берегов, сделаны промеры глубин, изучены шурфы в разных частях холмов, окружающих озеро.

В поисках озер, подобных Светлояру, проведены палеолимнологические и гидрологические исследования еще на нескольких озерах Нижегородской области. Получены дополнительные результаты по оз. Озерскому и начато исследование оз. Лесного (57°15' с.ш.; 45°31' в.д., рис.1Б). Лесное – небольшое озеро с максимальной глубиной 11, м, на абсолютной отметке 9 м.

Имеющиеся предварительные данные об озерах, полученные ранее [2], были использованы для утверждения, что выбранные для изучения озера имеют некоторые сходные морфометрические характеристики с озером Светлояр. Однако наши исследования всех выбранных для изучения озер показали существенные различия по своим характеристикам и голоценовой истории развития от оз. Светлояр. В связи с полученными результатами можно подтвердить существенную уникальность оз. Светлояр на территории Нижегородской области. Полученные данные представляют значительный интерес и свидетельствуют о необходимости дальнейшего продолжения работ.

Авторы выражают благодарность Н.Г. Баянову и А.Б. Грозе за инициативу начала наших исследований и всем коллегам, в разные годы принимавших участие в полевых и аналитических работах на озерах Нижегородской области.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме FFZF-2024-0001.

Список литературы

1. Баянов Н.Г., Никишин В.И. Светлояр. По следам былых экспедиций. Нижний Новгород, 2005. 152 с.
2. Баянов Н.Г., Кривдина Т.В. Типология свойства озер Нижегородского Заволжья // Известия РАН. Серия географическая. 2011. № 5. С.85-96.
3. Науменко М.А., Зелионко А.В., Стрекалова З.В. Опыт создания цифровой морфометрической модели малого озера на основе высокоточного эхолотирования // Ученые записки РГГМУ. 2012. № 25. Р. 35–40.
4. Науменко М.А., Гузиватый В.В., Сапелко Т.В. Цифровые морфометрические модели малых озер // Ученые записки РГГМУ. 2014. № 34. С. 26–32.
5. Сапелко Т.В., Баянов Н.Г. Палеолимнологическое исследование озера Светлояр // Теоретические и прикладные аспекты современной лимнологии. Материалы Международной научной конференции, Минск, 2009. С. 47–50.
6. Сапелко Т.В. Палеолимнология голоценовых озер средней полосы России // История экосистем в голоцене. Екатеринбург - Челябинск: ООО "ЦИКР "Рифей", 2010. С. 187-189
7. Сапелко Т.В., Кузнецов Д.Д., Науменко М.А., Баянов Н.Г. К вопросу о происхождении озер Средней полосы России // Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы VIII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода: сборник статей. Ростов-на-Дону, 2013. С. 561–563.
8. Сапелко Т.В., Игнатьева Н.В., Кузнецов Д.Д., Лудикова А.В., Гусева М.А. Индикация изменений природной среды и уровня антропогенной нагрузки на водные экосистемы по донным отложениям озер: новый методический подход // Научное обеспечение реализации

"Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года". Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. Т. 1. С. 473–479.

9. *Смирнов Н.Н.* Историческая экология пресноводных зооценозов. М.: Наука, 2010. 225 с.

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ И МАТЕРИАЛОВ КУРГАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КУРГАНА ДЕГУАКО-3, РЕСПУБЛИКА АДЫГЕЯ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)

В статье представлены предварительные результаты геоархеологических исследований кургана Дегуако-3, расположенного в Майкопском районе Республики Адыгея. Высота кургана составляла приблизительно 4 м, диаметр 63 м. На основании археологических данных памятник предварительно датирован эпохой ранней бронзы и отнесен к майкопской археологической культуре (IV тыс. до н. э.). Курган представляет собой ценный объект исследования ввиду своего возраста и размеров, поскольку содержит значительный массив информации о палеосреде в данном регионе. Исследование объекта проводится в рамках модели целостной системы «курганные конструкции-почвы» с применением комплексного анализа. Изучение не только погребенных почв, но и материалов курганных конструкций позволяет реконструировать изменения свойств материалов, что, в свою очередь, указывает на направленность изменений климатических условий в исторический период. На текущем этапе исследований были проведены макро и -микроморфологический анализы, а также получен ряд физико-химических данных. В настоящей работе излагаются предварительные выводы, работа отобранного материала продолжается.

Ключевые слова: погребенные почвы, курган, курганные конструкции, майкопская культура, микроморфологический анализ

A.E. Sverchkova¹, O.S. Khokhlova²

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia*

acha3107@gmail.com

MICROMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF PALEOSOLS AND MATERIALS OF THE KURGAN CONSTRUCTIONS OF THE KURGAN DEGUAKO-3, REPUBLIC OF ADYGEA (PRELIMINARY DATA)

The article presents the preliminary results of geoarchaeological studies of the kurgan Deguako-3, located in the Maykop District of the Republic of Adygea. The height of the kurgan was approximately 4 m, with a diameter of 63 m. Based on archaeological data, the site has been preliminarily dated to the Early Bronze Age and attributed to the Maykop culture (4th millennium BC). The kurgan represents a valuable research object due to its age and size, as it contains significant information about the paleoenvironment of the region. The study is based on a holistic "kurgan construction-soils" system model using a comprehensive analytical approach. The investigation of both paleosols and the materials of the kurgan constructions allows for the reconstruction of changes in material properties, which in turn indicate trends in climatic changes during the historical period. At the current research stage, macro- and micromorphological analyses were carried out, and a number of physicochemical data were obtained. This paper outlines the preliminary conclusions, while the analysis of the collected materials is ongoing.

Keywords: paleosols, kurgan, kurgan construction, Maikop culture, micromorphological analysis

Почвенно-археологические исследования представляют собой неотъемлемый компонент палеогеографических реконструкций и активно развиваются в последние

десятилетия на памятниках степной и лесостепной зон. В рамках современных археологических изысканий в степных регионах России палеопочвоведы проводят работы, нацеленные на реконструкцию палеоклиматических условий и оценку антропогенного воздействия древних обществ на природные ландшафты с применением комплекса методов. Основным объектом подобных исследований традиционно выступают погребенные почвы, сохранившиеся под археологическими объектами, в то время как материал самой курганной конструкции систематически не изучается. Крупные курганы высотой свыше 2–3 метров и диаметром от нескольких десятков до первых сотен метров раскапывались относительно редко, что обусловило их недостаточную изученность с почвенной точки зрения. Вследствие этого каждый такой памятник обладает уникальным характером и представляет значительную научную ценность как для археологии, так и для почвоведения. К числу наименее изученных объектов относятся курганные памятники эпохи ранней бронзы. При их геоархеологическом анализе выявляется ряд методических преимуществ:

Сохранность исходных свойств. Курганы значительной мощности (свыше 2–3 м) не прорабатываются современным почвообразованием на всю глубину. Это обеспечивает сохранность исходных свойств материалов, использовавшихся для сооружения кургана, а также особенностей его первоначальной структуры и сложения, приданных строителями.

Возможность формирования педохроноряда. В случае присутствия под курганом серии палеопочв, погребенных в разное время (педохроноряда), для всех его членов обеспечиваются идентичные литолого-геоморфологические условия и знание хронологии погребения: раньше погребены почвы в центре кургана и позже – на его периферии.

Высокое временное разрешение палеореконструкций. Исследование педохроноряда, сформированного под разновременными конструкциями одного кургана, который был сооружён в течение относительно краткого хронологического интервала (от 25 до 100 лет), позволяет с высокой точностью установить направленность и динамику изменения почвенных свойств. Данный подход даёт возможность осуществлять палеоклиматические реконструкции с предельно детальным временным разрешением, фиксируя краткосрочные колебания климатических параметров, отражённые в диагностических признаках палеопочв.

Морфология и конструктивные особенности курганов демонстрируют значительную вариабельность, обусловленную региональной спецификой, принадлежностью к определенной археологической культуре и функциональным назначением сооружения. Эти различия выражаются в применяемых технике строительства и используемых материалах. Особенности строительной технологии и морфология памятника далеко не всегда могут быть идентифицированы в ходе полевых исследований. В ряде случаев описание и интерпретация внутренней структуры кургана представляются затруднительными без применения лабораторных методов анализа. Для получения научно обоснованных данных о строительных приемах, материалах и технологиях возведения курганных насыпей в современной исследовательской практике широко применяется микроморфологический подход. Данный метод позволяет идентифицировать следы антропогенного воздействия, такие как: перемешивание материала; искусственная трамбовка; использование воды и растительных материалов; применение аллювиальных отложений и иных искусственных включений. На микроуровне становится возможным реконструировать динамику строительных процессов даже в рамках единого кургана, что особенно актуально для объектов, возводившихся на протяжении длительного временного периода или представителями различных культур.

Объектом исследования послужил курган Дегуако 3, расположенный в Майкопском районе Республики Адыгея. Майкопский район занимает горную зону с наибольшим распространением горных чернозёмов. Расположение кургана делает объект еще более уникальным, но и в то же время создаются сложности при работе с маломощными погребенными почвами. Кроме этого, не удалось найти фоновую почву, так как вся территория сильно трансформирована антропогенным воздействием.

При полевых работах было определено, что курган возводился в 2 этапа (для двух погребений). Первый этап – строительство курганных конструкций (КК) для первого погребения – КК Ia и КК IIa, для второго погребения – КК Ib и КК IIb. Завершающими элементами второго этапа строительства кургана являются земляная КК III, каменные КК IV и V, которые возводились едино для всего кургана, после второго погребения. Конструкции при изучении в поле не имели четких границ сверху-вниз, эти границы в поле были установлены приблизительно и будут уточнены в процессе работы со свойствами материалов, полученных в результате физико-химических анализов образцов, отобранных колонками в разных секторах зачищенных бровок кургана (рис. 1). Из КК кургана Дегуако 3 было отобрано 6 колонок образцов с шагом 10 см. Колонки 1, 3, 5 (сверху-вниз) были отобраны из КК III, IIa и Ia, а колонки 2, 4 и 6 из КК III, IIb и Ib. Физико-химические анализы конструкций были сделаны как раз для того, чтобы определить свойства материалов, из которых были построены все пять земляных КК. В данной работе будут приведены лишь данные гранулометрического состава.

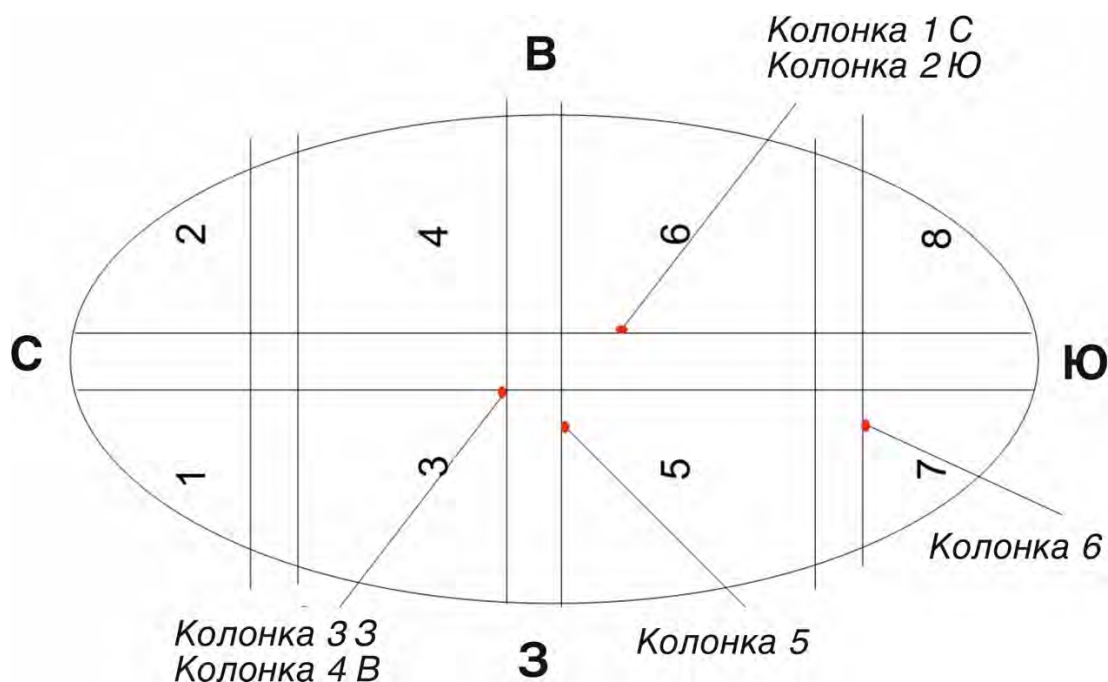


Рис. 1. Схема отбора образцов в кургане Дегуако 3

Гранулометрический состав всех КК – среднесуглинистый крупнопылевато-мелкопесчаный, а погребенных почв – легкосуглинистый опесчаненный. Кроме этого, следует отметить для материалов КК I, II и III по гранулометрическому составу имеются небольшие отличия. Так для КК Ib, IIb и III преобладающей фракцией является крупная пыль (0,05-0,01 мм), тогда как в КК Ia и IIa преобладает мелкопесчаная фракция.

Микроморфологический анализ КК показал, что при строительстве всех конструкций использовалась вода, на это указывают разноокрашенные микрзоны тонкодисперсной массы, обогащенные и обедненные красящими оксидами железа. Особенно отличается КК I, в материале которой наблюдается большое количество железистых пленок в порах. Повсеместно отмечаются следы замешивания материала. Лишь в КК Ib и IIb (колонки 2, 4, 6) отмечается наличие карбонатов - карбонатные стяжения появляются в виде карбонатных кутан в порах, а также в отдельных порах встречаются спаритовые скопления карбонатов. Для КК I и II (для обоих погребений) отличительной особенностью является поровая сеть, которая представлена в виде изометричных и округлых замкнутых пор, которые свидетельствуют о том, что трамбование материала происходило в сухом виде. Тогда как для КК III мы наблюдаем появление четких пор-трещин, которые, напротив, указывают на

трамбовку во влажном состоянии. Также во всех конструкциях присутствует искусственно привнесенный материал – угли.

Напомним, что в районе исследования распространены горные черноземы, которые имеют маленькую мощность. Поэтому для микроморфологического анализа погребенных почв были рассмотрены два горизонта: дернина и A1. В отличие от КК в погребенных почвах мы видим увеличения количества и размеров зерен силикатного материала, что подтверждается и данными гранулометрического анализа (облегчение гранулометрического состава). Для погребенных почв, под КК IIb характерно наличие карбонатных стяжений, как в дернине, так и в гумусовом горизонте. Также наблюдаются следы ожелезнения, преимущественно в гумусовом горизонте. Повсеместно отмечаются следы деятельности мезофауны.

Предварительные выводы. Курган Дегуако 3 строился в 2 этапа. Земляные курганные конструкции возводились методом замеса материала с использованием воды. На втором этапе строительства кургана мы наблюдаем увеличение окарбоначенности материала, чуть меньшие следы ожелезнения и увеличение доли крупнопылевой фракции. Можно предположить, что для строительства КК Ib, IIb и III искусственно был внесен материал с более тонкими фракциями (возможно, ил). Схожую тенденцию по увеличению окарбоначенности мы наблюдаем и в погребенных почвах. На данном этапе исследования кургана Дегуако 3 с осторожностью можно предположить, что строился он в период нарастающей аридизации. Дальнейшие изучения подтвердят или опровергнут данные предположения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-77-10054 на тему «Комплексные исследования археологических памятников и реконструкция палеосреды в голоцене и конце плейстоцена».

ФАУНА ИСКОПАЕМЫХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ БАСКУНЧАКСКОЙ ПЕЩЕРЫ (АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В работе рассматривается фауна мелких млекопитающих из крупнейшей пещеры Северного Прикаспия, Баскунчакской пещеры. Богатый материал по мелким млекопитающим из пещерных отложений этого региона получен впервые. Фаунистический список начитывает 16 видов. Анализ фауны предполагает среднеголоценовый возраст отложений пещеры.

Ключевые слова: Баскунчакская пещера, мелкие млекопитающие, голоцен

N.V. Serdyuk¹, I.V. Golovachev²

¹*Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, Russia*
natalyserdyu@yandex.ru

FOSSIL FAUNA OF SMALL MAMMALS OF BASKUNCHAK CAVE (ASTRAKHAN REGION)

The article examines the fauna of small mammals from the largest cave in the Northern Caspian region, the Baskunchak Cave. Rich material on small mammals from cave deposits in this region was obtained for the first time. The fauna list includes 16 species. Fauna analysis suggests a Middle Holocene age for the cave deposits.

Keywords: Baskunchak cave, small mammals, Holocene

Пещера Баскунчакская расположена в Астраханской области на северо-западном берегу солёного озера Баскунчак в верховьях карстово-эрозионной балки Пещерная (рис. 1а) и входит в состав регионального природного парка «Баскунчак». Имея протяжённость 1,5 км она является крупнейшей пещерой Северного Прикаспия [3; 4]. Пещера выработана в гипсовых позднепалеозойских породах кунгурского яруса нижней перми. Пещера Баскунчакская представляет собой крупную карстовую полость с тремя входами (рис. 1б). В пещере располагается небольшое озерцо с непостоянным уровнем воды, которое во время подземных паводков становится эставеллой, то есть может работать и как источник и как попор (водопоглощающее отверстие).

В 2022 г. в отложениях приозерного вала пещеры Баскунчакская был заложен разведочный шурф глубиной до 1,3 м. Он вскрыл неоднородные рыхлые отложения, среди которых удалось выделить 6 слоев различного генезиса [4], подстилающий 7 слой представлен разнородным глинистым составом. Среди рыхлых супесчаных отложений 6 слоя было отмечено обилие мелких костей. В 2023 были продолжены исследования отложений данного разведочного шурфа. Промывка рыхлого материала на ситах выявила костные остатки животных. Наиболее богатый на фауну оказался 6 слой [4]. Аналогичный разведочный шурф был также заложен перед горизонтальным «шкуродёром» в Малом Спальном зале пещеры Баскунчакская. Размеры готового шурфа составили 0,9 м × 0,6 м при глубине 0,7 м. Шурф вскрыл однородные супесчаные серо-коричневые отложения, среди которых на глубине около 0,2 м также встретился костный материал. Впервые в истории изучения Баскунчакской пещеры, а также всех известных пещер, имеющих на территории Северного Прикаспия, был получен богатый материал по мелким позвоночным. В 2024 г.

раскопки в отложениях приозёрного вала в пещере Баскунчакская вновь были продолжены, целенаправленно отбирался грунт только из 6 слоя. В настоящей работе описывается материал по мелким млекопитающим, полученный в ходе этих полевых сезонов. В задачи исследования входило определить видовой состав полученной фауны, сравнить с имеющимися данными по современным видам, сделать заключение о возрасте фауны Баскунчакской пещеры.



Рис. 1. Карта-схема расположения (а) и план пещеры Баскунчакская (б) с врезкой части хода с озером [4]

Сбор и анализ костного материала осуществлялся традиционными для микротериологии методами. После промывки на ситах с ячейей 1 мм и просушивания определение проводилось с использованием оптики МБС-10 и сравнительного анатомического материала из коллекций Палеонтологического института РАН и Зоологического музея МГУ. При морфологическом анализе использовались ранее зарекомендовавшие себя методики [8; 9; 11-14]. Костные остатки представлены отдельными костями конечностей, позвонками, зубами, сохранными челюстями.

Мелкие млекопитающие – сборная группа, в которую включаются животные мелкого и среднего размерного класса, относящиеся к отрядам Хищные (Carnivora), сем. Mustelidae, Насекомоядные (Lipotyphla), Рукокрылые (Chiroptera), Зайцеобразные (Lagomorpha) и Грызуны (Rodentia). В отложениях Баскунчакской пещеры обнаружены представители всех перечисленных групп (табл. 1).

Таблица 1. Видовой состав мелких млекопитающих из отложений Баскунчакской пещеры

Таксоны	Слои	Отложения приозёрного вала	Шурф в Малом Спальном зале
Chiroptera		11	
<i>Eptesicus cf. serotinus</i>		2	
Lipotyphla			
<i>Crocidura cf. suaveolens</i>		5	
<i>Hemiechinus auritus</i> Gmelin, 1770		22	2
Lagomorpha			
<i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778)		4	
Rodentia			
<i>Spermophilus cf. pygmaeus</i>		49	1
<i>Cricetulus</i> sp.		3	
<i>Ellobius talpinus</i> Pallas, 1770		16	1
<i>Lagurus lagurus</i> (Pallas, 1773)		8	

Таксоны	Слои	Отложения приозёрного вала	Шурф в Малом Спальном зале
<i>Eolagurus luteus</i> (Eversmann, 1840)		16	1
<i>Microtus ex gr. arvalis</i>		10	
<i>Microtus</i> sp.		21	1
<i>Arvicola amphibius</i> (L., 1758)			1
Dipodoidea		1	
<i>Alactaga cf. major</i>		21	1
<i>Alactaga cf. elater</i>		3	
Carnivora			
<i>Mustela nivalis</i> (L., 1766)		1	
<i>Mustella</i> sp.		9	

Фаунистический состав Баскунчакской пещеры достаточно разнообразен. Помимо млекопитающих были обнаружены костные остатки птиц, пресмыкающихся и амфибий. Цвет материала и отложений Баскунчакской пещеры от белого до темно-коричневого в каждом отдельном слое. Как правило, в пещерных отложениях наблюдается смена цвета костей от светлого в голоценовых слоях к темному в плейстоценовых [1; 5; 6]. Разнородность цвета костей Баскунчакской пещеры свидетельствует о переотложении материала. Это объясняется тем, что внутреннее озеро пещеры время от времени становится эставеллой, костеносные слои размываются и перемешиваются.

Мелкие млекопитающие Баскунчакской пещеры представляют собой сообщество пустынных, полупустынных и степных биотопов. Почти все эти виды (кроме желтой пеструшки), встречаются на территории современного Богдинско-Баскунчакского заповедника. Современная желтая пеструшка обитает в Казахстане, Монголии и Китае. В плейстоцене же она была неотъемлемым компонентом мамонтовой фауны и была широко распространена [2; 7], в голоцене её ареал сильно сократился. Присутствие желтой пеструшки предполагает, что часть костного материала имеет фоссильное или субфоссильное происхождение.

Проведенный морфологический анализ щечных зубов полевок показал сходство ископаемой фауны с современными фаунами полевок. Индекс дифференциации эмали SDQ [10] водяной полевки из Баскунчакской пещеры больше 120-130, что соответствует индексам голоценовых водяных полевок Северной Евразии.

В результате работы впервые для территории Северного Прикаспия получена ископаемая фауна из карстового объекта, Баскунчакской пещеры. Список видов мелких млекопитающих насчитывает 16 наименований. В составе фауны присутствуют виды, обитающие в настоящее время на территории Богдинско-Баскунчакского заповедника. Исключение составляет желтая пеструшка, ближайшее место её обитания – Зайсанская котловина Восточного Казахстана. Возраст костного материала из отложений Баскунчакской пещеры – среднеголоценовый.

Список литературы

1. Бачура О.П., Струкова Т.В. Остатки млекопитающих из местонахождения Черемухово-1 (раскоп-4). Фауна Урала в плейстоцене и голоцене: сборник научных трудов. Екатеринбург, 2002. С. 37–55.
2. Болиховская Н.С., Маркова А.К., Фаустов С.С. Изменения ландшафтно-климатических условий в Терско-Кумской низменности в плейстоцене // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2014. № 3. С 55–70.
3. Головачев И.В. Пещера Баскунчакская // Спелеология и спелестология: сборник материалов 2-ой международной научной заочной конференции. Набережные Челны: НИСПТР, 2011. С. 9–13.

4. Головачев И.В., Катков Д.С. Характеристика отложений приозёрного вала в пещере Баскунчакская // Геология, география и глобальная энергия. 2023. Vol. 3. № 90. С. 82–87.
5. Смирнов Н.Г., Вотяков С.Л., Садыкова Н.О., Киселева Д.В., Щанова Ю.В. Физико-химические характеристики ископаемых костных остатков млекопитающих и проблема оценки их относительного возраста. Часть 1. Термический и масс-спектрометрический элементный анализ. Екатеринбург: Голицинский, 2009. 118 с.
6. Струкова Т.В., Бачура О.П., Бородин А.В., Стефановский В.В. Первые находки фауны млекопитающих в аллювиально-спелеогенных образованиях позднего неоплейстоцена и голоцена Северного Урала (Черемухово-1) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 14. № 1. С. 98–108.
7. Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24–8 тыс. л. н.) Отв. ред. Маркова А.К., Т. ван Кольфсхотен. М.: КМК, 2014. 556 с.
8. Dodelin B. Identification des Chiroptères de France à partir de restes osseux. Fédération Française de Spéléologie, La Ravoire: Gap édition, 2002. 48 p.
9. Fadeeva T. Insectivorous mammals (Lipotyphla, Soricidae) of the Perm Pre-Ural in the Late Pleistocene and Holocene time // Quaternary International. 2016. T. 420. P. 156–170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.074>
10. Heinrich W.D. Zur biometrischen Erfassung eines Evolutionstrends bei Arvicola (Rodentia, Mammalia) aus dem Pleistozän Thüringens // Säugetierkund Information. 1978. Vol. 2. P. 3–21.
11. van der Muelen A. Middle Pleistocene smaller mammals from the Monte Peglia (Oriveto, Italy) with special reference to the phylogeny of Microtus (Arvicolidae, Rodentia) // Quaternaria. 1973. Vol. 17. P. 1–144.
12. Nadachowski A. Late quaternary rodents of Poland with special reference to morphotype dentition analysis of voles. Warszawa, Krakow: Państwowe wydawnictwo naukowe, 1982. 109 p.
13. Rabeder G. Die Arvicoliden (Rodentia, Mammalia) aus dem Pliozän und älteren Pleistozän von Nieder Österreich. Beitr. Paläont. Bd 8. 1981. 373 p.
14. Rekovets L., Nadachowski A. Pleistocene voles (Arvicolidae) of the Ukraine // Paleontologia i evolutio. 1995. Vol. 28–29. P. 145–246.

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЯ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ

Исследование раскрывает основные этапы активизации эоловых процессов в северной части Западно-Сибирской равнины с начала голоцена до настоящего времени. Результаты радиоуглеродного датирования показали, что с развитием на рубеже плейстоцена и голоцена заболачивания эоловое рельефообразование практически прекратилось. Следы пирогенной деятельности, выявленные в середине голоцена, не сопровождаются увеличением в разрезах прослоев покровных песчаных отложений. Признаки эоловой активизации фиксируются в интервале 2-0,5 тыс.л.н. В настоящее время отмечается явный тренд зарастания естественных песчаных обнажений. Сопоставление с другими районами развития северных материковых дюн показывает, что голоценовая эоловая динамика на севере Западной Сибири отражает глобальных климатических изменений.

Ключевые слова: Западная Сибирь, эоловый рельеф, голоцен, изменение климата

O.S. Sizov

Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

kabanin@yandex.ru

DEVELOPMENT OF AEOLIAN RELIEF FORMATION IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA IN THE HOLOCENE

The study reveals the main stages of activation of aeolian processes in the northern part of the West Siberian Plain from the beginning of the Holocene to the present. The results of radiocarbon dating showed that with the development of swamping at the turn of the Pleistocene and Holocene, aeolian relief formation practically ceased. Traces of pyrogenic activity revealed in the middle of the Holocene are not accompanied by an increase in the interlayers of cover sand deposits in the section. The first signs of modern aeolian activation are recorded about 2 thousand years ago. Currently, a clear trend of overgrowing of natural sand outcrops is noted. Comparison with other areas of distribution of northern continental dunes showed that the Holocene dynamics of aeolian activity in the north of Western Siberia is a reflection of global climate change

Keywords: Western Siberia, aeolian relief, Holocene, climate change

На рубеже 11-10 тыс.л.н. во многих районах Западной Сибири произошла постепенная смена природно-климатических условий [1; 2]. В северной части равнины на значительной по площади территории в интервале 10,5-8 тыс.л.н. начинается синхронное увеличение болот [2]. В южной части с 10,1 тыс.л.н. фиксируется заметное потепление, которое продолжается вплоть до 8,2 тыс.л.н. [11]. По мере снижения темпов донной эрозии, роста среднегодовых температур, увеличения влажности и увеличения глубины сезонно-талого слоя рост повторно-жильных льдов сменяется заболачиванием обширных озерно-аллювиальных равнин, которые ранее подвергались интенсивному ветровому воздействию [2]. В рамках данной работы этот процесс фиксируется радиоуглеродными датировками:

- нижней части слоя низинного торфа, вскрытого скважинами 2 и 3 на вершинах бугров (гряд) пучения в пределах второй надпойменной террасы р. Хейгияха (правый приток р. Надым) – 10,4 и 10,1 тыс.л.н. соответственно [6];
- торфяного горизонта в разрезе второй надпойменной террасы р. Надым (разрез НР-10) – 8,8 тыс.л.н.

Выводы о динамике эоловых массивов в голоцене основаны на серии AMS-датировок органических остатков в разрезе активного раздуга на побережье Обской губы (разрез НР-32, восточнее устья р. Надым), а также погребенных почв и остатков древесины в пределах модельного раздуга в нижней части р. Надым (разрез К-1) (рис. 1).

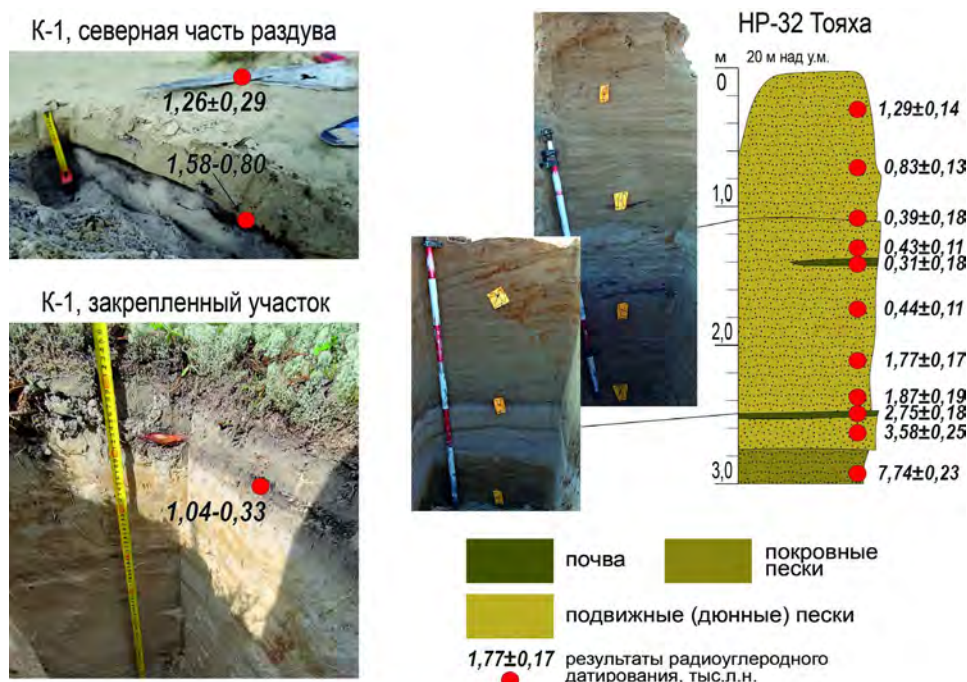


Рис. 1. Слева – общий вид шурфов в северной части модельного раздуга (нижнее течение р. Надым, фото О.С. Сизова, 2021); справа – геологического строение разреза НР-32 (побережье Обской губы, фото О.С. Сизова, 2020)

Последовательную картину эоловой активности показывает серия из 16 датировок разреза НР-32. Стоит отметить, что для случаев датирования различных материалов на рис. 1 показаны усредненные значения, а необычное зеркальное распределение значений связано с ветровой эрозией наклонной поверхности. Полученные даты показывают, что с 7,7 до 2 тыс.л.н. накопление эоловых осадков практически не происходит, в то время как в позднем голоцене явно выделяется интервалы накопления органики: 1,77; 1,29; 0,83 и 0,44-0,39 тыс.л.н. Нижний интервал совпадает с датировкой 1,79 тыс.л.н., полученной в эоловых отложениях на севере Ямала (разрез 7296, [10]). Остальные интервалы хорошо соотносятся с возрастом ранее изученных почвенных горизонтов, выявленных в пределах модельного раздуга в нижнем течении р. Надым (1,16; 0,72 и 0,45 тыс.л.н.; детальное описание см. [3]).

В северной части модельного раздуга шурфом вскрыт погребенный подзол со следами гари (возраст 1,58-0,8 тыс.л.н.) и остатками древесины (возраст 1,26 тыс.л.н.). Кроме того, в пределах закрепленной растительностью части эолового массива в нижней части молодой подзолистой почвы получен возрастной интервал 1,04-0,33 тыс.л.н. (значительный разброс датировок определяется различными типами анализируемого материала) (рис. 1).

Сопоставление полученных радиоуглеродных датировок позволяет сделать несколько предположений:

- большую часть голоцена после начала процесса торфообразования (не позднее 8,5-8 тыс.л.н.), эоловые процессы на севере Западной Сибири имели крайне ограниченное распространение;
- первые признаки современной эоловой активизации фиксируются около 2 тыс.л.н.;
- в течение позднеголоценовой эоловой активизации выделяется по меньшей мере четыре интервала инициального почвообразования и накопления органики – 1,79-1,77; 1,29-1,16; 0,83-0,72 и 0,45-0,39 тыс.л.н.

Важно отметить, что в верхней части почвенных или геологических разрезов нередко обнаруживаются остатки природных пожаров (угли). Полученные результаты AMS-датирования показывают, что крупные пожары могли происходить в нижнем и среднем течении р. Надым 6 и 1,5 тыс. л.н. В нижнем течении р. Таз следы масштабных природных пожаров отмечены и для более раннего периода голоцена (11,2 и 8,1 тыс.л.н.) [7]. Несмотря на наличие признаков пирогенного уничтожения растительности, сопутствующего увеличению мощности эоловых осадков в разрезах не выявлено, что может быть признаком отсутствия прямого влияния пожаров на развитие дефляции в условиях повышенной влажности.

В настоящее время общая площадь естественных перевеваемых песков (не включая прибрежные участки и затапливаемые песчаные отмели) на севере Западной Сибири составляет 1922,48 км² (около 0,19% территории). Средняя площадь развеваемого участка – 0,0044 км², максимальная – 33,52 км²; 55 участков (котловин выдувания и эоловых массивов) имеют площадь более 1 км². Пространственное распределение современного эолового рельефа отличается неравномерностью: максимальная концентрация отмечается на Ямальском и Гыданском полуостровах, а также в бассейнах рр. Пур и Надым [5].

Анализ динамики площади оголенных песков с 1968 по 2020 гг. показал, что для 12 из выбранных 15 котловин выдувания площадью более 1 км² в целом наблюдается сокращение, а для 3 (из 15) котловин – увеличение значений (табл. 1). Среднее сокращение площади по всем объектам составило 10,3 га (медиана – 6,8 га). Наибольшее сокращение площади (до 48,6 га) выявлено для котловин, расположенных на водоразделе рр. Надым и Левая Хетта и рр. Надым и Пурпе (вблизи г. Муравленко) на абсолютных высотах более 90 м над у.м. Кроме того, значительное сокращение (на 19,8) испытала котловина, граничащая с поймой р. Надым (**K02**). Наибольший прирост (до 12 га) отмечается для котловин в среднем течении р. Надым, испытывающих в настоящее время активное ветровое воздействие.

Таблица 1. Динамика котловин выдувания в бассейне рр. Надым и Пур [4]

ID	Координаты		Площадь, га			Динамика площади		Динамика движения периферического вала			
	X	Y	1968	2020	Разница, га	Уменьшение, га	Увеличение, га	Среднее за весь период, м	Среднее в год, м	Направление, град	Кол-во измерений
K01	73,53	65,18	693,2	691,8	-1,4	16,0	14,6	17,2	0,37	182,4	154
K02	73,62	65,17	591,6	571,8	-19,8	30,7	10,9	19,2	0,41	138,0	101
K03	74,06	64,93	550,0	540,2	-9,9	25,9	16,1	23,5	0,47	115,6	140
K04	74,00	64,92	330,2	323,4	-6,8	13,2	6,4	12,2	0,24	245,5	139
K05	73,97	64,91	162,9	143,4	-19,4	23,6	4,1	10,1	0,20	130,2	125
K06	73,63	64,70	697,5	709,4	12,0	3,8	15,8	21,5	0,46	92,9	171
K07	73,60	64,68	239,4	235,0	-4,4	8,9	4,5	11,6	0,25	225,4	128
K09	73,57	64,64	503,4	508,1	4,7	7,7	12,4	14,4	0,28	89,3	316
K10	73,57	64,50	889,1	871,4	-17,7	31,9	14,3	15,5	0,33	84,4	261
K11	73,43	64,38	113,4	114,5	1,1	1,9	3,0	12,9	0,27	139,1	127
K12	73,33	64,28	183,5	180,4	-3,1	7,2	4,1	11,2	0,24	164,1	170
K14	72,93	64,65	463,3	414,7	-48,6	53,2	4,6	8,7	0,18	135,5	222
K15	75,91	64,22	273,3	261,4	-11,9	15,1	3,2	11,8	0,20	238,5	110
K16	74,32	63,89	182,9	156,2	-26,7	26,7	0,0	3,2	0,06	295,6	13
K17	74,43	63,55	132,2	129,3	-2,9	6,5	3,7	20,7	0,38	47,8	104

Вне зависимости от тенденции к зарастанию для всех котловин выдувания на отдельных участках выявлено продвижение периферического аккумулятивного вала на прилегающую территорию (табл. 1). Средняя скорость смещения, полученная по 2281 измерению, составила 0,29 м/год (медиана – 0,27 м/год). Максимальные значения (до

0,47 м/год) характерны для крупных котловин выдувания, расположенных на надпойменной террасе р. Надым. Медленнее всего движется граница котловины **K16**, расположенной на водоразделе вблизи г. Муравленко (0,06 м/год). Среднее максимальное значение почти в 4 раза выше среднего (1,09 м), достигая для отдельных котловин приблизительно 1,7-1,8 м. Круговой усредненный азимут смещения составляет 155°, что показывает преобладающее юг-юго-восточное направление движения периферических дюн, следовательно, наибольшей активностью на рассматриваемой территории характеризуются северо-западные ветры.

Кроме того, на примере модельной котловины выдувания в нижнем течении р. Надым проведена оценка смещения поперечных дюн, которые занимают большую часть развееваемого участка. Анализ высокодетальных космических снимков показал общее перемещение подножья дюн с 1968 по 2020 гг. почти на 27 м и с 2012 по 2020 гг. – на 4 м [12]. В целом, по достаточно представительной выборке (более 2500 измерений) получены результаты, которые позволяют оценить среднюю ежегодную скорость продвижения продольных дюн по поверхности модельного раздува в 0,5 м.

Сходная динамика эолового осадконакопления в голоцене фиксируются и в других районах распространения северных материковых дюн, в частности:

- на севере Скандинавского полуострова стабилизация подвижных песков происходит не позднее 7 тыс.л.н.; начало современной активизации отмечается не ранее 2 тыс.л.н., максимальная интенсивность эолового переноса 0,9-0,35 тыс.л.н. [8];

- детальное изучение дюнного массива *Cobuk* на севере Аляски (74 AMS-датировки) показало, что закрепление песков произошло в интервале 7-5 тыс.л.н., после чего он остается относительно стабильным; один из наиболее заметных периодов кратковременной эоловой активизации отмечается 1,05-0,55 тыс.л.н.; примечательно, что в течение Малого ледникового периода повышенной активности дюн не отмечено; в последние 80-100 лет происходит постепенно зарастание оголенных песков [9];

- на юге Канады на примере песчаного массива *Brandon Sand Hills* показано сохранение периодической эоловой активности за последние 5 тыс.л., при этом по остаткам погребенных почв выявлено несколько периодов стабилизации песков (2,3-2,0; 1,4-1,0 и 0,6-0,5 тыс.л.н.); в настоящее время, несмотря на периодически повторяющиеся засухи, здесь отмечается сокращение площади активных дюн примерно на 10-20% за десятилетие [13].

Таким образом, большую часть голоцена эоловое рельефообразование на севере Западной Сибири было крайне ограничено, несмотря на установленные факты пирогенного воздействия. Явный период эоловой активизации отмечается лишь в интервале 2-0,5 тыс.л.н. В настоящее время в пределах крупных (более 1 км²) котловин выдувания фиксируется закрепление подвижных песков сосново-лишайниковой растительностью и заболачивание пониженных участков. Сравнение с динамикой материковых дюн в других высокоширотных регионах показывает, что интенсивность эоловых процессов на севере Западной Сибири закономерно отражает тренды глобальных климатических изменений.

Список литературы

1. Васильев С.В. Лесные и болотные ландшафты Западной Сибири. Томск: Издательство научно-технической литературы, 2007. 276 с.
2. Величко А.А., Тимирева С.Н. Западная Сибирь – великая позднеледниковая пустыня // Природа. 2005. Т. 5. № 1077. С. 54–63.
3. Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах А.О., Овчинников И.Ю., Сизов О.С., Соромотин А.В. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли. 2017. Т. 20. № 6. С. 14–25.
4. Сизов О.С. Картографическая оценка морфометрических и морфодинамических характеристик наиболее крупных котловин выдувания на севере Западной Сибири // Геодезия и картография. 2025. Т. 1019. № 5. С. 28–38.
5. Сизов О.С., Лобжанидзе Н.Е. Пространственное распределение естественного и

антропогенного эолового рельефа на севере Западной Сибири // Геодезия и картография. 2022. № 8. С. 22–32.

6. Сизов О.С., Юртаев А.А., Соромотин А.В., Концева Е.М., Вольвах А.О., Абакумов Е.В., Бердников Н.М., Приходько Н.В., Гурьев Д.А. Реконструкция истории формирования торфяно-минеральной гряды пучения в нижнем течении реки Надым // Криосфера Земли. 2021. Т. 25. № 2. С. 3–13.

7. Шефер Н.В., Бляхарчук Т.А., Лойко С.В., Шумиловских Л.С., Гуреева И.И. История растительности и пожаров арктической части Пур-Тазовского междуречья в голоцене // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69. № 2. С. 244–263.

8. Käyhkö J., Worsley P., Pye K., Clarke M. A revised chronology for aeolian activity in subarctic Fennoscandia during the Holocene // The Holocene. 1999. Vol. 9. Iss. 2. P. 195–205.

9. Mann D., Heiser P., Finney B. Holocene history of the Great Kobuk sand dunes, northwestern Alaska // Quaternary Science Reviews. 2002. Vol. 21. Iss. 4–6. P. 709–731.

10. Nazarov D., Nikolskaia O., Zhigmanovskiy I., Ruchkin M., Cherezova A. Lake Yamal, an ice-dammed megalake in the West Siberian Arctic during the Late Pleistocene, ~60–35 ka // Quaternary Science Reviews. 2022. Vol. 289. P. 107614.

11. Ryabogina N., Afonin A., Ivanov S., Li H.-C., Kalinin P., Udaltsov S., Nikolaenko S. Holocene paleoenvironmental changes reflected in peat and lake sediment records of Western Siberia: Geochemical and plant macrofossil proxies // Quaternary International. 2019. Vol. 528. P. 73–87.

12. Soromotin A., Lanza G., Sizov O., Lobotrosova S., Abakumov E., Zverev A., Yakimov A., Konstantinov A., Kurasova A., Prihod'ko N., Salavatulin V., Varentsov M., Alharbi S., Alotaibi K., Kuzyakov Y. Cyclic and linear trajectories of ecosystem evolution on sand dunes in Siberian taiga: A comprehensive analysis // Science of The Total Environment. 2024. Vol. 928. P. 172265.

13. Wolfe S., R. Muhs D., David P., McGeehin J. Chronology and geochemistry of late Holocene eolian deposits in the Brandon Sand Hills, Manitoba, Canada // Quaternary International. 2000. Vol. 67. Iss. 1. P. 61–74.

Ю.В. Симонова, А.В. Русаков
*Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия*
uvsim@yandex.ru

ГИПСОНОСНЫЕ ПОЧВЫ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ВАРНИЦЫ» (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ): ДИНАМИКА ЗАСОЛЕНИЯ

Исследование посвящено анализу динамики засоления и особенностей эволюционных трендов гажевых почв, формирующихся под влиянием выходов соленых источников. Актуальность связана с феноменом природного засоления и гипсонакопления в гидроморфных ландшафтах гумидной зоны. Оценка засоления почв в трехлетнем цикле выявила высокую динамичность соотношения процессов засоления-рассоления, в том числе в отношении содержания гипса и карбонатов. При этом амплитуда сезонных колебаний содержания солей достигала величины, сравнимой с многолетними (30 лет) изменениями, и только для гипса оказалось возможным выделить тенденцию накопления.

Ключевые слова: гажа, сульфатно-засоленные почвы, соленый источник

Yu.V. Simonova, A.V. Rusakov
Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
uvsim@yandex.ru

GYPsIFEROUS SOILS OF THE VARNITSA NATURAL RESERVE (YAROSLAVL REGION): SALINIZATION DYNAMICS

The study deals with the analysis of the dynamics of salinization and features of the evolutionary trends of gypsum soils formed under the influence of salt springs. The relevance is associated with the phenomenon of natural salinization and gypsum accumulation in hydromorphic landscapes of the humid zone. An assessment of soil salinization in a three-year cycle revealed a high salinization-desalinization processes dynamics, including the content of gypsum and carbonates. At the same time, the amplitude of seasonal fluctuations in salt content reached a value comparable to long-term (30 years) changes, and only for gypsum can a tendency toward accumulation be identified.

Keywords: gypsiferous deposits, sulfate-saline soils, mineral spring

Введение. Гипсоносные почвы представляют интерес сами по себе, поскольку являются редкими, а гипсоносные почвы, формирующиеся в гумидном климате, можно считать уникальными. Гидрохимический режим соленых источников и солевой режим почв, подверженных влиянию выходов таких источников, являются индикатором меняющихся условий среды. Поэтому такие объекты являются ценными полигонами экологического мониторинга, что особенно важно в связи с оценкой реакции почв на климатические изменения.

Задачами работы были изучение динамики солевого режима почв в течение года и определение тренда засоления за 30-летний период. Дать оценку современного состояния засоления важно с точки зрения их значения для формирования ландшафтного и почвенного разнообразия, сохранения приозерной экосистемы.

Материалы и методы. В настоящей работе изучались гипсоносные почвы на гажевых отложениях, формирующиеся в зоне выхода соленого источника «Варницы», памятника природы, расположенного в Ростовском районе Ярославской области на месте бывших солеварен. Почвенные разрезы были заложены непосредственно вблизи Варницкого соленого источника.

Минерализация вод источника составляет примерно 13 г/л; воды имеют хлоридный натриевый состав с высокой долей сульфатов, кальция и магния.

Вываривание соли прекратилось уже несколько столетий назад, после чего существенных антропогенных вмешательств участок не испытывал. Таким образом, основным фактором изменения солевого режима почвы в рассматриваемом хроносрезах можно считать гидротермический режим.

Почвы были изучены комплексом методов, в т.ч. морфологических (на разных уровнях организации), физических и химических, позволяющих наиболее полно охарактеризовать их свойства, установить тенденции солевого режима и эволюционные тренды. Для изучения годовой динамики засоления на участке были организованы систематические сезонные наблюдения, продолжавшиеся с 2016 по 2019 гг.

Морфологический анализ почв. Изученный участок представляет собой понижение старичного типа с малым уклоном поверхности. Вследствие выходов соленых источников это понижение можно рассматривать как область аккумуляции и трансформации продуктов геохимического стока. Это приводит к формированию галогидроморфных почв своеобразного морфологического облика (рис. 1).

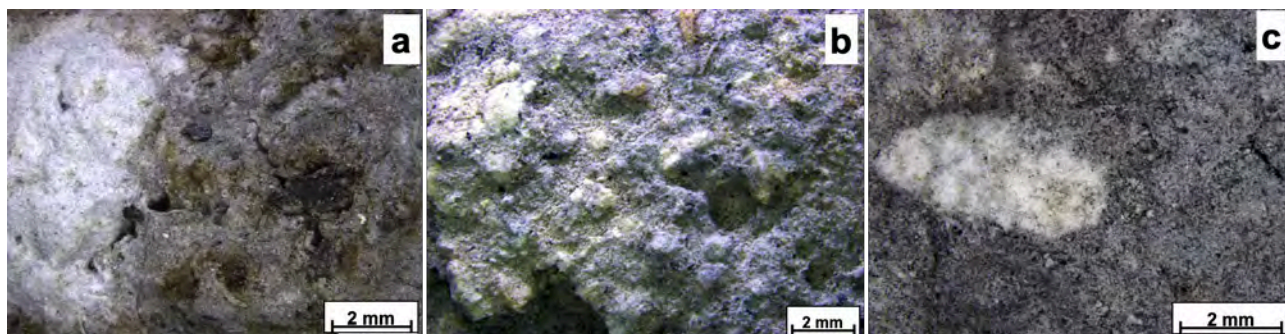


Рисунок 1. Мезоморфологическое строение отдельных горизонтов почв участка «Варницы»: а) Qh,ml,s,cs (30–40 см); б) Qh,ml,s,cs (40–65 см); в) Qml,s,cs (65–85 см)

Начиная с глубины 30–40 см, почвенная толща представлена сплошной массой, состоящей из микрокристаллов гипса. Высокая доля микрокристаллического гипса в минеральном составе является характерным признаком гажы [3].

Среди морфологических особенностей гажевых горизонтов на мезоуровне выделяется неоднородность структуры. С одной стороны, видна тонкоплитчатость и пластинчатость гипсового материала, с другой, – встречаются зоны разрыхленного материала, в которых заметны элементы ноздреватой и даже губчатой структуры с крупными округлыми порами растворения (Рисунок 1а, б). Объяснение этому можно найти в специфике строения гигрофитной растительности, широко представленной среди доминантных видов участка.

Специфическим признаком нижних водонасыщенных горизонтов почв является присутствие зон с «чистым» гипсовым материалом, включенным в сероватую или желтоватую гипсовую массу (Рисунок 1б, в). По-видимому, новые порции гипса осаждаются на месте пустот растворения.

Наличие более окисленных зон, появляющихся при улучшении аэрации, указывает на периодическую смену водного режима. Практически во всех горизонтах профиля присутствуют пятна ожелезнения и рыхлые железистые стяжения, в том числе на карбонатном фоне.

Динамика засоления почв в годовом цикле. Для оценки динамики засоления почв участка «Варницы» был выполнен анализ содержания легкорастворимых солей для 12-ти сезонов наблюдений в период 2016–2019 гг.

В составе легкорастворимых солей абсолютно преобладали сульфаты и кальций, а образующийся их избыток осаждался из раствора почвенно-грунтовых вод в виде гипса.

Среднее содержание солей в течение года менялось незначительно – от 1.43 до 1.65 % (рис. 2). Среди солей сульфатно-кальциевая часть проявляла высокую стабильность в динамике макрокомпонентов водной вытяжки в годовом цикле.

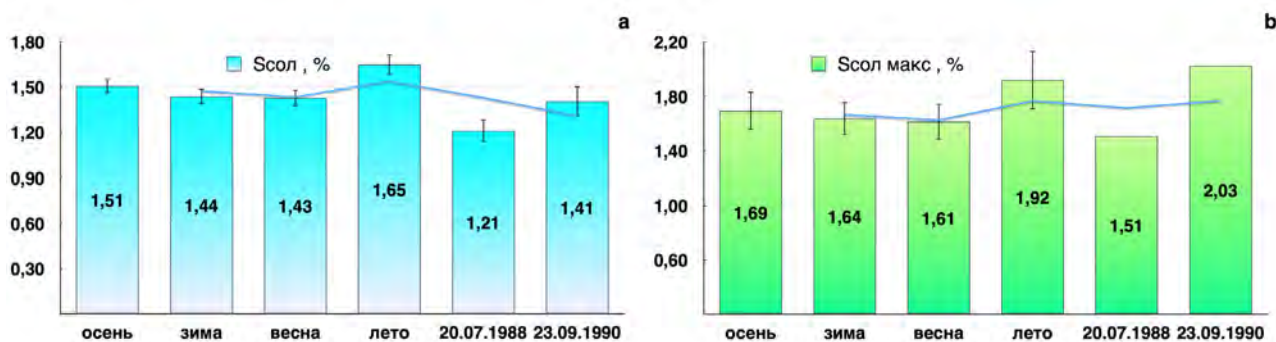


Рис. 2. Содержание солей в почвах в среднем в профиле (а) и в горизонтах их максимума (б) по сезонам за трехлетний период (2016–2019 гг.) мониторинга по сравнению с почвами, исследованными в 1988 и 1990-х гг. Планки погрешностей – 95% CI. Линия тренда – скользящие средние.

Максимальное содержание солей обнаруживалось в летний период (рис. 2). Смещение солевого максимума следовало за сменой фаз гидрологического цикла и происходило практически синхронно с динамикой минерализации грунтовых вод. Так, например, в летний период всегда наблюдалось как увеличение минерализации грунтовых вод, так и содержания солей в почвах.

Коэффициент сезонного засоления, то есть отношение осеннего количества солей к весеннему [1], ни в один из годовых циклов не превосходил 1.0, поэтому солевой режим почв можно уверенно отнести к сезонно-обратимому типу. Таким образом, преобладающая в безморозный период года инфильтрация приводила к рассолению почв. Обратный процесс накопления солей происходил в период низкого атмосферного стока и высокого испарения.

Одновременно с данными химического анализа водных вытяжек почв оценивалась динамика содержания гипса и карбонатов (Рисунок 3). Суммарное их содержание в отдельные периоды могло превышать 85%, что соотносится с характеристикой большинства гажевых почв суббореальной зоны России, в которых содержание гипса составляет 50–70 %, карбонатов – 20–40 % [3].

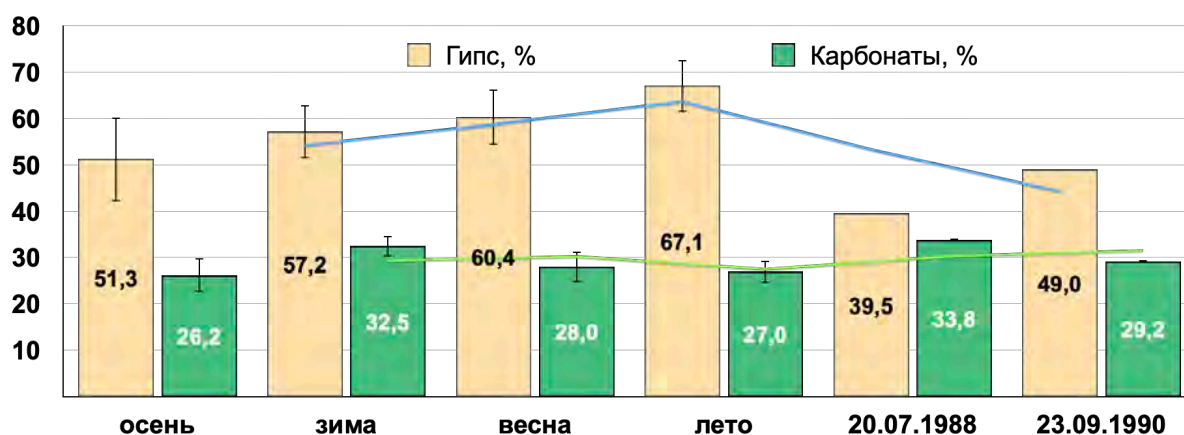


Рис. 3. Содержание гипса и карбонатов в почвах по сезонам за трехлетний период (2016–2019 гг.) мониторинга по сравнению с почвами, исследованными в 1988 и 1990-х гг. Содержание гипса и карбонатов приведено для горизонтов их максимумов. Планки погрешностей – 95% CI. Линия тренда – скользящие средние

Анализ динамики содержания гипса и карбонатов в почвах за трехлетний период наблюдений выявил, что они так же, как и легкорастворимые соли подвергаются сезонным

колебаниям. Содержание гипса в горизонте максимального накопления изменялось в течение года в среднем от 51 до 67%. Минимум наблюдался осенью; значение постепенно возрастало к лету.

Результаты химического анализа в отношении динамики солевого состояния почв выявили высокие скорости изменения соотношения накопления-выщелачивания в течение годового цикла не только для водорастворимых солей, но и для гипса и карбонатов.

Такая динамика химического состояния согласуется с наблюдениями на макро- и мезоуровне, где хорошо заметны признаки осаждения новых порций вещества, перекристаллизации и перераспределения.

Динамика засоления почв в тридцатилетнем цикле. Для определения многолетнего тренда засоления данные трехгодичного мониторинга (2016–2019 гг.) сравнивались с результатами анализа почв однократных отборов в июле 1988 г. и сентябре 1990 г.

По сравнению с почвами, обследованными более 30 лет назад, среднее содержание солей на участке «Варницы» увеличилось (Рисунок 2а), однако эта тенденция не подтвердилась при сравнении содержания солей в горизонтах их максимума (Рисунок 2б).

Содержание гипса в почвах более раннего периода отбора было ниже, чем в любой из сезонов современного этапа мониторинга, тогда как содержание карбонатов, наоборот, превышало таковое в современных почвах (Рисунок 3).

Таким образом, с учетом динамичности содержания солей в годовом цикле о четкой тенденции изменения засоления в какую-либо сторону в многолетнем тренде говорить сложно [2]. По сравнению с почвами, изученными более 30 лет назад, засоление здесь либо усилило свое значение, либо сохранилось на прежнем уровне. Вместе с тем на уровне тенденции стоит отметить усиление гипсообразования.

Выводы. Формирование почвы происходит на карбонатно-гипсовой матрице (гажевые отложения), что представляет собой редкий случай для гумидного климата. Своим уникальным морфологическим строением и минеральным составом почвы участка Варницы обязаны химическому составу подземных вод и дальнейшим процессам их биогеохимической трансформации.

Морфология горизонтов на разных уровнях организации отражает особенности характера седиментогенеза, что проявляется в виде заполнения образовавшихся пустот растворения свежесажленным гипсовым материалом. Процессы формирования отложений и почвообразования происходят одновременно.

Амплитуда сезонных колебаний содержания солей в почве в современный период достигает величины, сравнимой с многолетними изменениями. Содержание солей в почвах, исследованных более 30 лет назад, не выходило за пределы диапазона, установленного современным мониторингом в 2016–2019 гг. По-видимому, на этом участке засоление существенно не изменилось. На уровне тенденции можно отметить усиление процесса гидрогенного гипсонакопления.

Список литературы

1. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. Т. 1. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1946. 575 с.
2. Симонова Ю.В., Русаков А.В., Рюмин А.Г. Засоленные почвы Ростовской низины (Ярославская область): морфология, генезис и динамика засоления в годовом гидрологическом цикле // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 93. С. 40–74.
3. Ямнова И.А., Черноусенко Г.И. Гипсоносные гажевые почвы суббореального пояса Евразии // Почвоведение. 2023. № 1. С. 3–19.

УДК: 581.524.441 (563.12)

В.В. Смирнова^{1,2}, Я.С. Овсепян¹, Е.Е. Талденкова²

¹Геологический институт РАН, Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

smirnova_veronika_01@bk.ru

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФАУНЫ ФОРАМИНИФЕР В МОРЯХ КАРСКОМ И ЛАПТЕВЫХ, В АКВАТОРИИ АРХИПЕЛАГА СЕВЕРНАЯ ЗЕМЛЯ

В статье описано распределение фауны секреторно-известковых и агглютинирующих фораминифер в донных осадках морей Карского и Лаптевых вокруг архипелага Северная Земля, их связь с параметрами окружающей среды и применение для реконструкций палеосреды в колонках голоценовых осадков.

Ключевые слова: Арктика, фораминиферы, донные отложения, Северная Земля, Карское море, море Лаптевых, атлантические воды

V.V. Smirnova^{1,2}, Ya.S. Ovsepyan¹, E.E. Taldenkova²

¹Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

FORAMINIFERA DISTRIBUTION IN THE KARA AND LAPTEV SEAS, AROUND THE SEVERNAYA ZEMLYA ARCHIPELAGO

smirnova_veronika_01@bk.ru

The article describes the faunal distribution of calcareous and agglutinated foraminifera in the surface sediments of the Kara and Laptev seas around the Severnaya Zemlya Archipelago, their relationship to environmental parameters, and the use for paleoenvironmental reconstruction of the Holocene sediment cores.

Keywords: Arctic, foraminifera, surface sediments, Severnaya Zemlya, Kara Sea, Laptev Sea, Atlantic waters

В рамках мониторинга изменений природной среды в Арктике и изучения донных осадков были получены новые сведения о составе комплексов микрофауны в акватории архипелага Северная Земля. Международная экспедиция «Арктика-2021» на НИС «Академик Трёшников» проводила работы в морях Карском и Лаптевых, включая проливы Вилькицкого, Шокальского и Красной Армии, которые были свободны ото льда в сезоне 2021 года, что является редкостью для данного района. Объектом исследования являются бентосные и планктонные фораминиферы, наиболее часто встречающиеся в морских голоценовых и позднелайстоценовых осадках. С помощью фораминифер возможно изучение отклика биологических сообществ на различные факторы среды, что служит основой для проведения палеоэкологического анализа.

Фораминиферы изучены в пробах с четырнадцати станций (рис. 1) в диапазоне глубин от 85 до 459 м, большая часть из них получена с континентального склона Евразийской части Северного Ледовитого океана. Образцы донных осадков отбирались с помощью таких приборов как боксорер, мультикорер и дночерпатель ван Вина, верхний 1 см осадка выбирался ложкой из трубки диаметром 10 см или из рамки 10x10 см. В банку добавлялся спиртовой раствор бенгальского розового по протоколу FOBIMO (FOraminiferal BIO-MOnitoring) [5] для изучения биоценоза бентосных фораминифер. После промывки и высушивания образцов микрофауна изучалась во фракции >125 мкм. Более 90% раковин фораминифер содержали цитоплазму на момент отбора и окрасились в ярко-розовый цвет, что свидетельствует о том, что мы имеем дело с современным биоценозом.

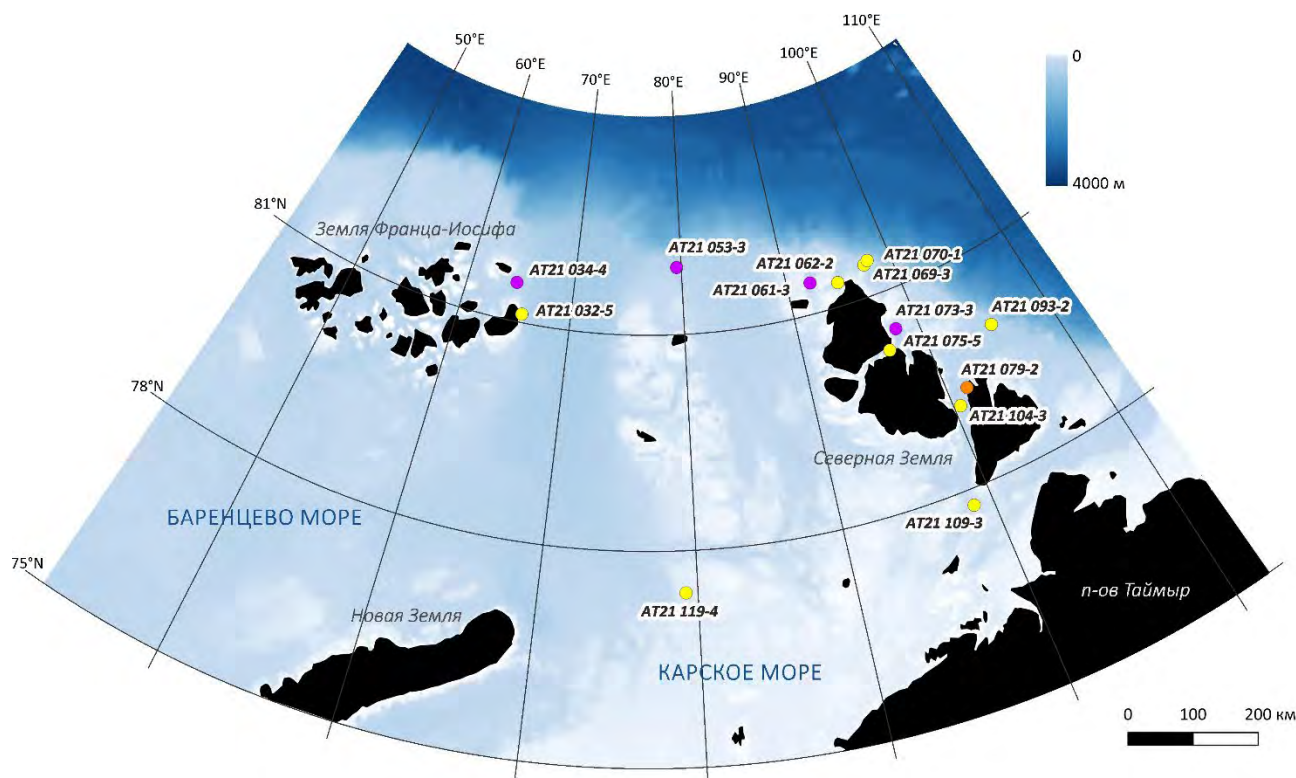


Рис. 1. Карта станций экспедиции «Арктика 2021». Цветом точечных знаков показан метод отбора проб: фиолетовый – боксером, желтый – мультикорером, оранжевый – дночерпателем ван Вина

На северной оконечности острова Комсомолец в верхней части континентального склона осадки представлены мелкозернистым песком, с примесью пелита и алевроита. На станциях AT21061, AT21062, AT21069, находящихся в диапазоне глубин 124-187 м среди секретионно-известковых фораминифер преобладают типично-морские, глубоководные виды *Cibicides lobatulus*, *Robertinoides charlottensis*, *Astrononion gallowayi*, *Melonis barleeanus* [Polyak et. al, 2002], а также крупные агглютинирующие фораминиферы *Rhabdammina* sp., *Saccorhiza ramosa*, *Reophax pilulifer*. В более глубоководной северной станции AT21070 (286 м) встречен бентосный вид-индекс атлантического влияния *Cassidulina neoteretis*, а также большое количество планктонных фораминифер *Neogloboquadrina pachyderma* sin. [3].

Пробы с других станций отличаются более тонкозернистым составом – алевропелитом. На континентальном склоне Карского моря в точке AT21053 (275 м) комплекс схож с точкой AT21070, здесь отмечается самое большое количество раковин планктонных фораминифер.

Места отбора образцов AT21073, AT21075 (452 и 459 м) интересны тем, что находятся в районе разгрузки ледника Академии Наук и образования айсбергов. Из-за айсбергов период свободной ото льда воды в проливе Красной Армии сильно сокращен, о стрессовых условиях свидетельствует преобладание оппортунистического вида *Elphidium clavatum* [1, 2]; также вид *Cribrostomoides crassimargo* показывает максимальную численность в этом районе, его можно отнести к видам, выживающим в данных неблагоприятных условиях.

Станции AT21079 и AT21104 (251 и 220 м) расположены в проливе Шокальского, имея в комплексе стандартный набор глубоководных видов, они отличаются низкой численностью микрофоссилий.

Стоит отметить станцию AT21093 (373 м) со склона моря Лаптевых, где обнаружено большое количество индикатора атлантических вод *Cassidulina neoteretis*, а также станцию AT21109 (120 м) из пролива Вилькицкого, где этот вид также встречается. Это свидетельствует о затопке вод циркумполярного течения (атлантического происхождения) по

глубоким желобам, расположенным вокруг Северной Земли. Некоторые виды дают единичные пики в отдельных пробах, что говорит о сильно выраженной пятнистости в распределении микрофауны в акватории архипелага.

Для сравнения, станции, расположенные восточнее в Карском море, имеют более бедный видовой состав и низкую численность фораминифер АТ21034 (386 м), АТ21119 (85 м), а в точке АТ21032 (91 м) наблюдается необычно высокое содержание *Elphidium bartletti*, вида опресненного шельфа.

В целом сообщество фораминифер типично для нормальных морских обстановок с преобладанием типично-морских («river-distal») видов. Несмотря на близость берега вокруг Северной Земли не наблюдается распространения шельфовых видов бентосных фораминифер, которые типичны для акватории Карского и Лаптевых морей [4]. Подробный анализ факторов окружающей среды позволит выявить новые закономерности в распределении бентосных фораминифер в районе островов с мощным ледовым покровом, что поможет в построении палеореконструкций для длинных и коротких колонок морских осадков района Северной Земли.

Исследование выполнено в рамках гранта РНФ № 25-27-00312.

Список литературы

1. Корсун С.А., Погодина И.А., Тарасов Г.А., Матишов Г.Г. Фораминиферы Баренцева моря (гидробиология и четвертичная палеоэкология). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1994. 136 с.
2. Hald M., Steinsund P., Dokken T., Korsun S., Polyak L., Aspeli R. Recent and Late Quaternary distribution of *Elphidium excavatum* f. *clavatum* in the Arctic seas // Cushman Foundation Special Publication. 1994. Vol. 32. P. 141–153.
4. Lubinski D., Polyak L., Forman S. Freshwater and Atlantic water inflows to the deep northern Barents and Kara seas since ca 13 ¹⁴C ka: foraminifera and stable isotopes // Quaternary Science Reviews. 2001. Vol. 20. P. 1851–1879.
5. Polyak L., Korsun S., Febo L., Stanovoy V., Khusid T., Hald M., Paulsen B., Lubinski D. Benthic foraminiferal assemblages from the southern Kara Sea, a river-influenced Arctic marine environment // J. Foraminiferal Res. 2002. Vol. 32. Iss. 3. P. 252–273.
6. Schönfeld J., Alve E., Geslin E., Jorissen F., Korsun S., Spezzaferri S., and Members of the FOBIMO group. The FOBIMO (FOraminiferal BIo-MONitoring) initiative – Towards a standardized protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies // Mar. Micropal. 2012. Vol. 94–95. P. 1–13.

О.Н. Соломина
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
olgasolomina@yandex.ru

КОЛЕБАНИЯ ЛЕДНИКОВ НА КАВКАЗЕ И В АЛЬПАХ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ «ГОЛОВОЛОМКА» ГОЛОЦЕНА

Климатическая «головоломка» голоцена – обнаруженное недавно расхождение между глобальными среднегодовыми температурами, реконструированными по палеоклиматическим архивам разного происхождения, и данными моделей Земной системы. В работе приводятся космогенные датировки голоценовых морен в Альпах и на Кавказе, которые свидетельствуют в пользу существования термического максимума голоцена в этих районах и последующего тренда к похолоданию, которое вызвало серию неогляциальных наступаний ледников.

Ключевые слова: термический максимум голоцена, неогляциал, космогенное датирование, ^{10}Be Кавказ, Альпы

O.N. Solomina
Institute of geography RAS, Moscow, Russia
olgasolomina@yandex.ru

GLACIER FLUCTUATIONS IN THE CAUCASUS AND THE ALPS AND THE HOLOCENE CLIMATE "CONUNDRUM"

The Holocene climate "conundrum" is a recently discovered discrepancy between global average annual temperatures reconstructed from paleoclimatic archives of different origins and the data of Earth System models. The study provides cosmogenic dating of Holocene moraines in the Alps and the Caucasus, which provide evidences of the existence of the Holocene thermal maximum in these areas and the subsequent trend towards cooling, which caused a series of Neoglacial glacial advances.

Keywords: Holocene thermal maximum, Neoglacial, cosmogenic dating, ^{10}Be Caucasus, Alps

Климат голоцена характеризуется значительной пространственной и временной изменчивостью, и он пока еще плохо поддается моделированию. Не до конца разрешена так называемая «головоломка голоцена», которая состоит в том, что долговременные температурные тренды голоцена по-разному отображаются современными моделями земной системы и палеоклиматическими реконструкциями, основанными на прокси-данных [3; 4]. В частности, модели не воспроизводят в глобальном масштабе голоценовый термический максимум (~10-4 тыс. лет назад) и последующий тренд к похолоданию, которой только в последнее столетие сменился тенденцией к потеплению, вызванной, вероятно, антропогенной деятельностью. По утверждению Кауфмана и Бродмана [5] ни одна из 16 глобальных климатических моделей последнего поколения (эксперимент CMIP6-RMIP4 – 6-ка), не воспроизвела высокую среднюю глобальную температуру, а напротив, показали, что 6 тыс. лет назад она была в среднем на 0,3 °C ниже, чем в доиндустриальный период, что противоречит представлениям о температурном максимуме голоцена. По данным анализа 470 наземных и 209 морских архивов, самый теплый 200-летний интервал имел место около 6,5 тыс. лет назад, когда температура была на 0,7 °C выше, чем в доиндустриальное время [5]. Объясняется это противоречие по-разному. Например, высказывается предположение, что природные архивы показывают сезонную (например, летнюю), а не среднегодовую температуру [3]. Другая версия состоит в том, что режим потепления в голоцене наиболее ярко выражен в тропиках, режим похолодания, который определяется изменениями в сезонном цикле арктического морского льда – в высоких широтах. Режим потепления

преобладает в среднем голоцене, в то время как в позднем голоцене преобладает режим похолодания. Взвешенная сумма этих двух режимов дает моделируемую эволюцию глобального температурного тренда [6]. Возможно также, что разные температурные тренды наблюдаются в разные сезоны года, а их осреднение дает отсутствие выраженного годового тренда [7]. Картапанис с соавторами [4] высказали предположение, что разные температурные тренды в голоцене наблюдаются у морских и континентальных реконструкций; у них также различается время термического максимума. Альтернативная версия состоит в том, что прокси данные, напротив, более адекватно отражают реальный климат, чем модели, из-за несовершенства параметризации последних.

Колебания горных ледников в голоцене – один из самых ярких индикаторов изменений климата [8]. Несмотря на некоторые неопределенности, которые могут затруднять однозначную интерпретацию данных (баланс массы ледников зависит не только от температуры, но и от количества осадков и некоторых других параметров; ледники реагируют на изменения климата с задержкой от нескольких лет до нескольких десятилетий, наступания пульсирующих ледников зависят главным образом от динамических условий и т.д.), данные о поведении ледников могут быть полезными, в частности, и для прояснения голоценовой «головоломки», о которой сказано выше.

Ледники в Альпах и на Кавказе принято сравнивать между собой. Более того, поскольку исследование Альп началось раньше и ведется более интенсивно, чем на Кавказе, более детальные и достоверные хронологии наступаний ледников в Альпах давно использовались как аналоги для Кавказа (см. например, [9]). Оледенение этих двух горных стран существует в похожих физико-географических условиях, в умеренном климате (на широте 45–49 градусов с.ш. – Альпы и 42–45 градусов с.ш. – Кавказ), в условиях преобладания западного переноса воздушных масс, поэтому такая аналогия в целом правомочна. Исторические свидетельства о динамике ледников Альп восходят к средневековью [2], в то время как систематическое исследование кавказских ледников, фактически началось в конце 19 в. [10]. В Альпах раньше были получены радиоуглеродные датировки для наступаний ледников, а в последние десятилетия морены многих ледников были датированы с помощью космогенных изотопов, что позволило получить детальную информацию о размерах оледенения и подвижках ледников в голоцене [11–14].

Так, установлено, что в начале голоцена ледники в Альпах уже сократились и их концы располагались в верховьях долин. Самые древние голоценовые морены имеют возраст 11.7, 11.2, 10.3 тыс.л.н.; две первые расположены всего в полутора километрах от морен малого ледникового периода, третья – еще ближе к ним. В середине голоцена ледники были, по-видимому, меньше современных или примерно таких же размеров: конечные морены этого времени, видимо, скрыты под более поздними. По данным [15], Роннский ледник был меньше, чем сейчас на протяжении большей части голоцена. Значительное наступание ледников произошло примерно 3,5 тыс. лет назад, то есть в период бронзового века. Это – первое неогляциальное событие, временные и пространственные параметры которого четко реконструированы во многих долинах, хотя у некоторых ледников имеются и следы более раннего наступания (4.2 тыс.л.н.). В большинстве долин оба эти наступания начала неогляциала были меньших размеров, чем те, которые происходили во время малого ледникового периода (МЛП). Следующие заметные наступания ледников в Альпах произошли в 1 тыс. до н.э. – 2,8–2,6 и 2,1 тыс. л.н. В период между концом римского теплого периода и средневековым теплым периодом в Альпах, во время позднеантичного малого ледникового периода, были зафиксированы, по меньшей мере, две фазы наступаний ледников. Эти морены часто примыкают к моренам МЛП или находятся чуть ниже. Для некоторых ледников это была одна из самых значительных подвижек позднего голоцена. Максимум наступания МЛП в Альпах относится к 1575–1860 гг. [14].

Ледниковая история Кавказа в голоцене изучена менее детально, хотя в последнее время появились публикации дендрохронологических [15], радиоуглеродных [1] и космогенных датировок морен отдельных ледников [16–18]. Наиболее полная коллекция

космогенных датировок представлена для трех ледников Приэльбрусья – Терскола, Башкары и Донгуз-Оруна [18], для которых получена коллекция из 78 дат по ^{10}Be . Для ледника Большой Азау коллекция космогенных датировок меньше, но она подкрепляется материалами радиоуглеродного датирования почв, погребенных в моренах этого ледника [1]. Для ледников Ирик, Безенги, Шхельда, Алибек, а также для ледника Чалаати. на южном макросклоне Кавказа 16 (Tielidze et al., 2020) получены единичные датировки морен, но они также добавляют важную информацию к имеющемуся массиву данных. Морены последних столетий датированы по историческим и дендрохронологическим данным; дендрохронология использована и для палеоклиматических реконструкций [2].

Мы пока не обнаружили свидетельств образования морен на Кавказе ни в начале, ни в середине голоцена, зато морены позднего голоцена имеются во всех изученных нами долинах. В частности, эти комплексы детально датированы у ледников Терскол, Башкара и Донгуз-Орун [18]. У ледника Большой Азау самая старая морена второй половины голоцена имеет даты 5.0, 4.5, 4.3, 3.8 тыс. л.н., т.е. она, вероятно, несколько старше, чем самая древняя позднеголоценовая морена в Альпах. Однако, эти даты получены по изотопу ^{36}Cl и являются гораздо менее надежными, чем остальные, основанные на ^{10}Be . Надежные датировки для самых старых неогляциальных морен на Кавказе, свидетельствуют о крупном голоценовом наступании ледников Башкара и Донгуз-Орун 3,5 и 3,4 тыс. лет назад, соответственно; морена того же времени датирована и у ледника Большой Азау (3.45 тыс.л.н.). По-видимому, это наступание синхронно альпийскому наступанию бронзового века около 3,5 тыс. л.н. Морена 3.0 тыс.л.н., расположенная на дне долины Большого Азау, соотносится с радиоуглердными датировками углей из нижней погребенной почвы в этой долине, перекрытой слоем морены [1].

Самая старая неогляциальная морена ледника Терскол имеет более молодой возраст (2,5 тыс. лет назад), однако ниже этой морены расположены размытые гряды, вероятно более древней стадии. Подвижки ледников, почти синхронных для Терскола, Башкары и Донгуз-Оруна, зафиксированы 2,2 тыс. лет назад, около 1,5 тыс. лет назад и во время малого ледникового периода [18]. Можно видеть совпадение дат позднеголоценовых наступаний на Северном Кавказе и в Альпах на примере этих моренных комплексов и утверждать, уже базируясь на достоверной аналитической основе, сходство голоценовой климатической истории Альп и Кавказа.

Строение моренных комплексов в Альпах и на Кавказе свидетельствует о том, что в этих районах явно прослеживается голоценовый термический максимум с сократившимися ледниками и наступившее затем похолодание, вызвавшее серию неогляциальных наступаний ледников в обеих горных странах. Это свидетельствует в пользу наличия среднеголоценового потепления в умеренной зоне Европы. Таким образом, для разрешения глобальной проблемы голоценовой «головоломки» данные о колебаниях ледников и в региональном, и в глобальном масштабе могут быть очень полезны [7], хотя мы не можем исключить и вероятного смещения сигнала в сторону летних температур.

Список литературы

1. Соломина О.Н. и др. Возраст морен ледника Большой Азау в верховьях долины реки Баксан по дендрохронологическим данным // *Led i Sneg Ice and Snow*. 2021. VOL. 61. №. 2. P. 271-290.
2. Тушинский Г.К. Оледенение Эльбруса // М.: Изд. МГУ, 1968. 345 P.
3. Kaufman D., McKay N., Routson C., Erb M., Dätwyler C., Sommer P., Heiri O., Davis B. Holocene global mean surface temperature, a multi method reconstruction approach // *Scientific data*. 2020. Vol. 7. Iss. 1. P. 201. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0530-7>
4. Cartapanis O. Jonkers L., Moffa-Sanchez P., Jaccard S. Complex spatio temporal structure of the Holocene Thermal Maximum // *Nature Communications*. 2022. Vol. 13. Iss. 1. P. 56–62.

5. Kaufman D. S., Broadman E. Revisiting the Holocene global temperature conundrum // *Nature*. 2023. Vol. 614. Iss. 7948. P. 425–435.
6. Bader J., Jungclaus J., Krivova N., Lorenz S., Maycock A., Raddatz T., Schmidt H., Toohey M., Wu C.-J., Claussen M. Global temperature modes shed light on the Holocene temperature conundrum // *Nature communications*. 2020. Vol. 11. Iss. 1. P. 47–26.
7. Zhang W., Wu H., Cheng J., Geng J., Li Q., Sun Y., Yu Y., Lu H., Guo Z. Holocene seasonal temperature evolution and spatial variability over the Northern Hemisphere landmass // *Nature Communications*. 2022. Vol. 13. Iss. 1. P. 5334.
8. Solomina O., Bradley R., Hodgson D., Ivy-Ochs S., Jomelli V., Mackintosh A., Nesje A., Owen L., Wanner H., Wiles G., Young N. Holocene glacier fluctuations // *Quaternary Science Reviews*. 2015. Vol. 111. P. 9–34. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.11.018>
9. Grove J. The little ice age. Routledge, 2019.
10. Solomina O., Bushueva I., Dolgova E., Jomelli V., Alexandrin M., Mikhalev V., Matskovsky V. Glacier variations in the Northern Caucasus compared to climatic reconstructions over the past millennium // *Global and Planetary Change*. 2016. Vol. 140. P. 28–58. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.02.008>
11. Ivy-Ochs S., Kerschner H., Maisch M., Christl M., Kubik P., Schlüchter C. Latest Pleistocene and Holocene glacier variations in the European Alps // *Quaternary Science Reviews*. 2009. Vol. 28. Iss. 21–22. P. 2137–2149.
12. Schimmelpfennig I., Schaefer J., Akçar N., Ivy-Ochs S. Holocene glacier culminations in the Western Alps and their hemispheric relevance // *Geology*. 2012. Vol. 40. Iss. 10. P. 891–894. <https://doi.org/10.1130/G33169.1>
13. Le Roy M., Nicolussi K., Deline P., Astrade L., Edouard L.-L., Miramont C., Arnaud F. Calendar dated glacier variations in the western European Alps during the Neoglacial: the Mer de Glace record, Mont Blanc massif // *Quaternary Science Reviews*. 2015. Vol. 108. P. 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.10.033>
14. Jomelli V., Palacios D., Hughes P., Cartapanis O., Tanarro L. The European glacial landscapes from the Late Holocene // *European Glacial Landscapes*. Elsevier, 2024. P. 567–586. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99712-6.00025-8>
15. Goehring B., Schaefer J., Schlüchter C., Lifton N., Finkel R., Timothy Jull A., Akçar A., Alley R. The Rhone Glacier was smaller than today for most of the Holocene // *Geology*. 2011. Vol. 39. Iss. 7. P. 679–682. <https://doi.org/10.1130/G32145.1>
16. Solomina O., Alexandrovskiy A., Zazovskaya E., Konstantinov E., Shishkov V., Kuderina T., Bushueva B. Late Holocene advances of the Greater Azau Glacier (Elbrus area, Northern Caucasus) revealed by ¹⁴C dating of paleosols // *The Holocene*. 2022. Vol. 32. Iss. 5. P. 468–481. <https://doi.org/10.1177/09596836221074029>
17. Solomina O., Jomelli V., Bushueva I. Holocene glacier variations in the Northern Caucasus, Russia // *European Glacial Landscapes*. Elsevier, 2024. P. 353–365.
18. Jomelli V. et al. Late Holocene glacier fluctuations in the Northern Greater Caucasus (Russia) inferred from ¹⁰Be cosmic ray exposure moraine dating, Submitted in *The Holocene*.

ЦИКЛИЧЕСКИЕ И ЛИНЕЙНЫЕ СУКЦЕССИИ НА ПЕСЧАНЫХ ДЮНАХ АРКТИКИ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ

В статье описаны этапы и пространственно-временная динамика циклической и линейной сукцессии растительного покрова на естественных песчаных дюнах в северотаежных лесах Западной Сибири. Движение дюн под действием ветра является основным фактором циклической сукцессии растительного покрова в виде сменяющих друг друга ассоциаций травянистых растений на песчаных грунтах. В защищенных от ветра стабилизированных участках дюнного массива формируется линейная сукцессия с формированием северотаежного леса и зонального типа почв – подзолов.

Ключевые слова: песчаные дюны, Западная Сибирь, сукцессия растительности, почвы

A.V. Soromotin^{1,2}, O.S. Sizov³, S.A. Lobotrosova¹, E.V. Abakumov⁴, N.V. Prihod'ko¹, Y.V. Kuzyakov⁵

¹Tyumen State University, Tyumen, Russia

asoromotin@mail.ru

²Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

³Institute of Oil and Gas Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

⁵University of Göttingen, Göttingen, Germany

CYCLIC AND LINEAR SUCCESSIONS ON ARCTIC SAND DUNES: A COMPREHENSIVE ANALYSIS

The article describes the stages and spatial-temporal dynamics of cyclic and linear succession of vegetation on natural sand dunes in the northern taiga forests of Western Siberia. The movement of dunes under the influence of wind is the main factor of cyclic succession of vegetation in the form of alternating associations of herbaceous plants on sandy soils. In stabilized areas of the dune massif protected from the wind, linear succession is formed with the formation of northern taiga forest and zonal soil type - podzols.

Keywords: sand dunes, Western Siberia, vegetation succession, soils

Плейстоценовые пески северо-западной Сибири содержат многочисленные активные дюнные поля различных размеров. Объект нашего исследования большей частью расположен на второй пойменной террасе нижнего течения реки Надым (центральная точка находится в точке с координатами N65.356081°, E72.965710°). Этот эоловый песчаный массив площадью 194 га имеет максимальную высоту 23,2 м и минимальную – 14,7 м над уровнем моря, а также извилистую границу длиной 6,5 км. Высота дюн составляет 3–3,5 м в центральной части массива и увеличивается до 6,5 м на юго-востоке.

Западный сектор исследуемой территории представлен устойчивыми дюнами, поросшими таежным лесом, площадью около 3 км². Стабилизированные дюны граничат с активными дюнами с северного, западного и южного флангов. Активные дюны мигрируют по аллювиальной поверхности с полигональной первично-песчаной сетью древних криогенных жил, образовавшихся в эпоху последнего (сартанского) оледенения. Развитие песчаного массива с активным движением дюн произошло в позднем голоцене, около 1200 лет назад и в настоящее время является единственным фактором опустынивания в регионе [1].

Метеорологические данные подтверждают преобладание северо-западных ветров, что объясняет преобладающую юго-восточную ориентацию дюн. Многовременной анализ спутниковых снимков показал стабильность движения дюн за последние 52 года в устойчивом направлении юго-восток-юго-запад, составляя в среднем около 0,5 м в год.

Дюнный массив расположен в пределах биома северной тайги, в котором доминируют хвойные породы, такие как сосна сибирская (*Pinus sibirica*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и лиственница сибирская (*Larix sibirica*). Растительность в зоне активных дюн представляет собой мозаику луговых злаково-моховых ассоциаций. В пределах активных дюн выделены четыре различных микроландшафта: междюнные низменности (InterLow), наветренные склоны дюн (WindSlo), вершины дюн (DuneTop) и подветренные склоны дюн (LeeSlo). В зоне стабилизированных дюн выделены два микроландшафта: молодой смешанный березово-лиственничный молодняк на междюнных низменностях (YoungF) и зрелый смешанный сосново-лиственничный лес (MatureF). Также был выбран контрольный участок как естественный смешанный сосново-лиственничный лес в фазе климакса на подзолах за пределами песчаной зоны (ClimaxF).

В автоморфном (зональном) ландшафте стабилизированных дюн с различными растительными зонами выделяется несколько типов почв, основанных на дренаже, топографическом положении и возрасте подстилающих материнских пород. Фоновой почвой зрелой лесной дюны (ClimaxF) является типичный подзол, характеризующийся диагностическими подзолистым и иллювиально-железистым горизонтами. Этот тип почвы доминирует и в самом климаксом лесу (MatureF). Почвы молодого леса (YoungF) и междюнных депрессий (InterLow) также являются подзолами. Однако почва на подветренном склоне (LeeSlo) имеет только элювиальный горизонт, который формируется благодаря несколько улучшенному дренажу, обусловленному наклоном склона. Примечательно, что почвы вершины дюны (DuneTop) и наветренного склона (WindSlo) классифицируются как ареносоли, что отражает их динамичный, выдуваемый ветром характер и минимальное развитие горизонтов в силу их молодого возраста. Эти ареносоли образуются из современных эоловых песков, в то время как все остальные типы почв, включая фоновую почву ClimaxF, происходят из древних эоловых песков.

Два различных пути определяют смену растительных сообществ и общую экосистему песчаной арены: циклический путь, наблюдаемый на активных дюнах, и линейный путь, наблюдаемый на стабилизированных дюнах (рис. 1).

Микробиомы почв, расположенных в циклической сукцессионной системе, резко контрастируют с микробиомами линейной сукцессионной системы. Здесь выраженное разнообразие предполагает динамичное и активно развивающееся сообщество, в отличие от кажущейся стабильности и низкого разнообразия, наблюдаемых в линейной системе. Примечательно, что анализ бета-разнообразия указывает на сходный общий состав бактериальных и архейных сообществ во всех типах почв, что предполагает наличие основного набора микробных сообществ независимо от траектории сукцессии (рис. 2).

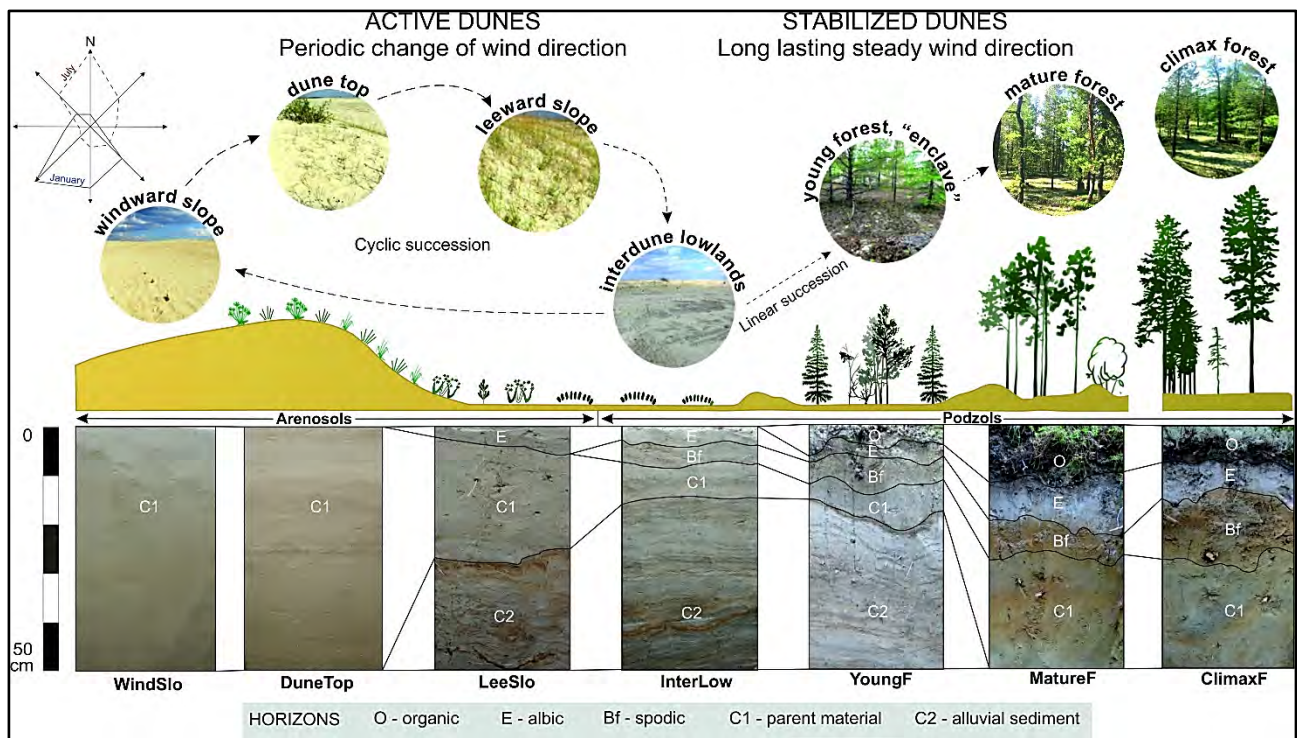


Рис. 1. Структура почвы и сукцессионные траектории растительных сообществ в активных и стабилизированных дюнах в семи микроландшафтах: InterLow (междюнные низменности), WindSlo (наветренные склоны), DuneTop (вершины дюн), LeeSlo (подветренный склон), YoungF (молодые смешанные анклавы березы и лиственницы), MatureF и ClimaxF (лес в условиях климакса) [2]

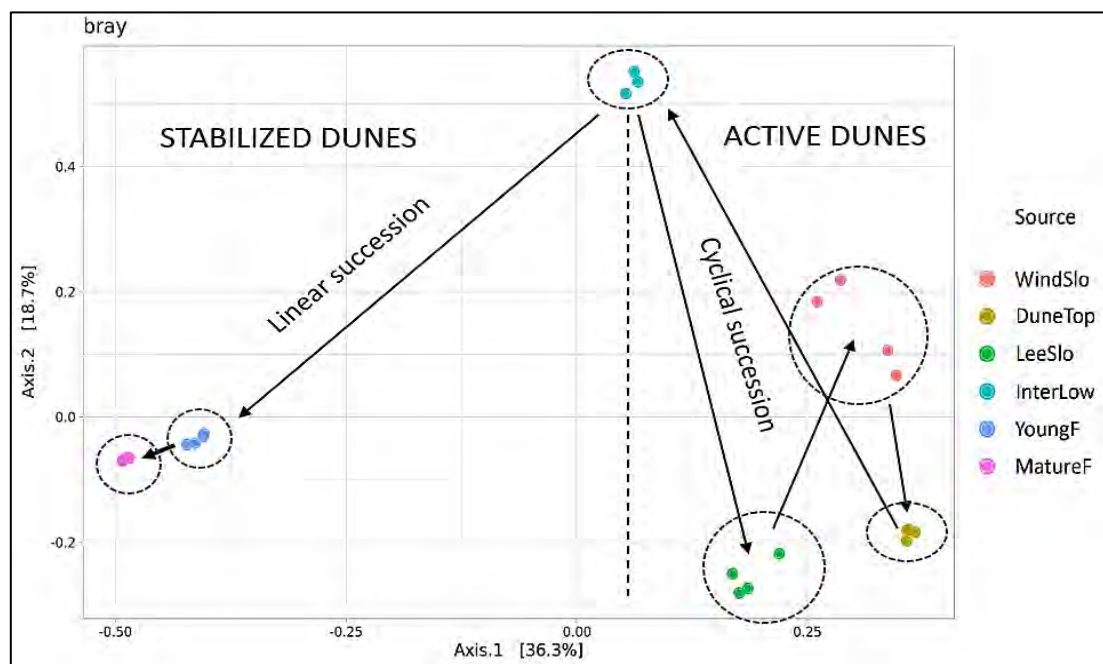


Рис. 2. Графики РСоА расстояний бета-разнообразия микробных сообществ (обозначения микроландшафтов как на рисунке 1)

Под влиянием десятилетних и вековых изменений направления ветра эоловый перенос песка формирует динамичный ряд микробиотопов в пределах дюнного массива. Смена растительных сообществ представлена двумя сукцессионными хронопоследовательностями:

1. Циклическая сукцессия – постоянное воздействие ветра и движение песка ограничивают развитие устойчивого растительного покрова или зональных почв. Ареносоли с их простыми и слабо дифференцированными горизонтами и ограниченным накоплением органического вещества доминируют в этих динамичных ландшафтах.

2. Линейная сукцессия – в отсутствии эолового переноса песка эта сукцессионная последовательность завершается лиственнично-кедрово-сосновым таежным лесом на стабилизированных дюнах, типичным для бореальной зоны Западной Сибири. Это процесс сопровождается формированием зонального типа почв – подзолов. Подзолы характеризуются повышенной кислотностью, четкой дифференциацией профиля и повышенным содержанием органического вещества, что отражает стабилизирующее влияние зрелого леса.

Надымский песчаный массив демонстрируя четыре различные зоны в пределах активных дюн и две зоны на стабилизированных дюнах. Эта зональность отражает взаимодействие между переносом песка под действием ветра и активностью растений, которое в конечном итоге приводит к формированию зрелого смешанного сосново-лиственничного леса на стабилизированных дюнах. По мере продвижения почвообразования к зональному подзолистому типу происходят изменения физико-химических параметров: повышение кислотности, заметная дифференциация профиля и накопление органического вещества. Эти процессы свидетельствуют о приближении к экологической зрелости, а концентрация азота и фосфора достигает максимума в верхнем слое почвы климаксового леса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Тюменской области (Соглашение 89-ДОН1).

Список литературы

1. Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах А.О. Овчинников И.Ю., Сизов О.С., Соромотин А.В. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли. 2017. Т. 21. № 6. С. 14–25. [https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2017-6\(14-25\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2017-6(14-25))
2. Soromotin A., Lanza G., Sizov O., Lobotrosova S., Abakumov E., Zverev A., Yakimov A., Konstantinov A., Kurasova A., Prihod'ko N., Salavatulin V., Varentsov M., Alharbi S., Alotaibi K., Kuzyakov Y. Cyclic and linear trajectories of ecosystem evolution on sand dunes in Siberian taiga: A comprehensive analysis // Science of the Total Environment. 2024. Vol. 928. P. 172265. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172265>

УДК 551.8:556.55(470.2)

Д.А. Субетто¹, В.Д. Страховенко^{1, 2}, А.Е. Рыбалко^{1, 3, 4}, Н.А. Белкина^{1, 5}, А.В. Орлов^{1, 5}, Ю.А. Кублицкий¹

¹*Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия*

²*Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия*

³*Институт наук о Земле СПбГУ, г. Санкт-Петербург, Россия*

⁴*ФГБУ «ВНИИОкеангеология», г. Санкт-Петербург, Россия*

⁵*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

subetto@mail.ru

ОЗЁРНОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ НА РУБЕЖЕ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА

Озерное осадконакопление на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена характеризуется значительной трансформацией от позднеледниковых условий к межледниковым, от нивальных к гумидным, от накопления преимущественно кластического вещества к органо-минеральному. На этом важном палеогеографическом рубеже произошли значимые события, включая спуск вод крупных приледниковых озёр (приледниковое оз. Агассис в Северной Америке и Балтийское ледниковое озеро в Европе), изменение термогалинной циркуляции в Северной Атлантике, повышение уровня Мирового океана и таяние крупных ледниковых покровов, активация вулканической деятельности и неотектонических движений, импактные события (12800 л.н.) и др., которые нашли свое отражение в особенностях формирования донных отложений озёр. В докладе будут представлены результаты последних исследований донных отложений Онежского озера.

Ключевые слова: донные отложения, поздний неоплейстоцен, голоцен, седиментогенез, Онежское озеро, озерно-ледниковые ленточные глины

D.A. Subetto¹, V.D. Strakhovenko^{1, 2}, A.E. Rybalko^{1, 3, 4}, N.A. Belkina^{1, 5}, A.V. Orlov^{1, 5}, Yu.A. Kublitsky¹

¹*Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia*

²*Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

³*Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

⁴*VNIIOkeangeologiya, Saint Petersburg, Russia*

⁵*Northern Water Problems Institute Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*

subetto@mail.ru

LACUSTRINE SEDIMENTATION IN THE LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE TRANSITION

Lacustrine sedimentation during the late Pleistocene-Holocene transition is characterized by a significant transformation from Late Glacial to Interglacial conditions, from nival climate to humid, from accumulation of predominantly clastic matter to organo-mineral matter. Significant paleogeographic events took place at this important transition, including the descent of the waters of large glacial lakes (glacial Lake Agassiz in North America and the Baltic Ice Lake in Europe), changes in the thermohaline circulation in the North Atlantic, rising sea levels and melting of large glacial covers, activation of volcanic activity and tectonic movements, impact events (12,800 BC), etc., which are reflected in the formation of lake sediments. The report will present the results of recent studies of the bottom sediments of Lake Onega.

Keywords: lake sediments, late Pleistocene, Holocene, sedimentogenesis, Lake Onega, limnoglacial varved clays

Донные отложения озер, среди других геологических архивов, являются летописями, в которых записана и сохранена информация о прошлых природно-климатических обстановках регионального и планетарного уровня с разрешением от тысячелетий и столетий до года. Смена холодного и сухого климата позднего неоплейстоцена теплыми и влажными условиями голоцена привела к изменению природных обстановок на водосборах озер и их экосистем и, как следствие, к трансформации процессов озерного седиментогенеза. Эволюция озер северо-запада Европейской части России связана с развитием четвертичных оледенений, сформировавших современный рельеф и обусловивших возникновение озер, которые можно подразделить на две большие группы: группа реликтовых озер, являвшихся в прошлом частью крупных приледниковых бассейнов, и группа озер, развитие которых происходило вне крупных приледниковых бассейнов. Реликтовые озера расположены преимущественно на относительно низких абсолютных отметках в районах распространения крупных приледниковых бассейнов в прошлом. К этой группе озер на СЗ России относятся и крупнейшие озера Европы – Ладожское и Онежское, котловины которых при деградации ледников последнего валдайского оледенения около 14000-11000 лет назад, были заполнены водами Балтийского и Онежского ледниковых озер, соответственно. Для этих озер характерно наличие в нижней части разрезов мощной толщи ленточных глин (ритмично-слоистых) – отложений озерно-ледникового генезиса, перекрывающих флювиогляциальные и гляциальные отложения. Для озер, возникших вне крупных приледниковых бассейнов (подпруженных, термокарстовых, экзарационно-эрозионных и др.), характерны в основании разрезов маломощные (первые метры), иногда с неясно выраженной слоистостью, глинистые отложения. Озёра этой группы, как правило, более молодые [5; 8].

Озерно-ледниковый (лимно-гляциальный) тип осадконакопления характеризуется рядом физико-географических, природно-климатических и экологических особенностей, отличающий его от современного озерного осадконакопления: 1. Гигантские размеры приледниковых озер; 2. Нивальный тип седиментогенеза; 3. Низкая прозрачность воды; 4. Низкая концентрация биогенных элементов; 5. Низкая биопродуктивность озерной экосистемы (олиготрофные или ультраолиготрофные озера); 6. Низкое содержание органического вещества в донных отложениях; 7. Неустойчивость экосистемы; 8. Открытые, безлесные ландшафты, полярные пустыни; 9. Эоловые и эрозионные процессы преобладают; 10. Аллохтонный материал преобладает в осадконакоплении; 11. Невыработанный профиль дна озера; 12. Преимущественно минеральный состав отложений; 13. Ритмичное, пульсационное накопление осадочного вещества; 14. Высокие скорости осадконакопления (> 1 см/год).

Формирование отложений в условиях озерно-ледникового генезиса характеризуется рядом отличий от озерного седиментогенеза, представленных в таблице на примере Онежского озера.

Таблица 1. Сравнение озерно-ледникового и озерного условий осадконакопления в Онежском озере [2; 3]

Параметры	Онежское приледниковое озеро (14000-11000 лет назад)	Онежское озеро (11000 лет назад – настоящее время)
Климат	Нивальный	Гумидный
Ландшафты	Открытые (полярные пустыни, тундра), нет почвенного покрова, многолетнемерзлые грунты	Замкнутые (тайга), подзолистые почвы, торфообразование
Озеро	Великое ($S_{\text{зеркала}} - 33000 \text{ км}^2$, $V_{\text{воды}} - 900 \text{ км}^3$, максимальная глубина до 250-300 м) Ультраолиготрофное, низкая прозрачность, щелочная среда	Большое ($S_{\text{зеркала}} - 9700 \text{ км}^2$, $V_{\text{воды}} - 300 \text{ км}^3$, максимальная глубина до 120 м) Олиготрофное, прозрачность высокая (4,5 м средняя), нейтральная (рН 6,7-7,7), вода гидрокарбонатно-

Параметры	Онежское приледниковое озеро (14000-11000 лет назад)	Онежское озеро (11000 лет назад – настоящее время)
	(рН 7-8), биопродуктивность минимальна	кальциевая, биопродуктивность низкая
Питание	Поверхностное, ледниковое, атмосферное	Поверхностное, подземное, атмосферное
Водосбор (пространственно)	Смещен на юг в сторону Русской плиты	Смещен на северо-восток и северо-запад (Балтийский кристаллический щит)
Источники вещества	Осадочные и кристаллические породы водосборного бассейна, ледниковое и водно-ледниковое осадочное вещество, аэрозоли, пыль	Породы водосборного бассейна (четвертичные, палеозойские осадочные, магматические и метаморфические породы), почвы, растительность, антропогенные частицы
Процессы	Преобладание физической и криогенной денудации. Эрозия, экзарация, абразия, эоловый перенос, аккумуляция	Физическая и химико-биологическая денудация. Эрозия, абразия, химическое и биологическое выветривание, аккумуляция, биогеохимические процессы в озерной экосистеме
Тип отложений	Минеральный, $ОВ < 1-2\%$, аллохтонный > автохтонный (C/N – 1-5) Глины (ленточные и гомогенные глины), алевролиты, пески, галька, валуны, зерна неокатанные, неизмененные, сезонная ритмичность, диагенез, уплотнение осадка. Обводненность 20-30% Геохимический состав: Si (27%) - Al (8,5%) - Fe (4,5%) - K (2,9%) - Mg (2,5%) - Na (1,9%) - Ca (1,3%) - Ti (0,5%) Минеральный ряд: Кварц-полевые шпаты (К-полевой шпат, кислые плагиоклазы) - слюды (мусковит, биотит)-магнезиально-железистые хлориты и иллиты-обломки карбонатов	Органо-минеральный, $ОВ - 5-18\%$, (C/N – 10-20) Автохтонный > аллохтонный, илы (органо-минеральные алевролиты), пески слабо окатанные, разнотекстурные, диагенез с большой ролью органического вещества – аутигенные минералы (гидроокислы и окислы железа и марганца, фосфаты и слоистые силикаты железа, карбонаты железа и марганца, железо-марганцевые корки, конкреции), уплотнение осадка, микробиальное метанопроизводство. Обводненность 70-80% Геохимический состав: Si (27%) - Al (6,1%) - Fe (6%) - C (4%) - K (1,8%) - Mg (1,1%) - Na (0,7%) - Ca (0,6%) - Mn (0,3%) - Ti (0,2%) - P (0,2%). Минеральный ряд: кварц- полевые шпаты (К-полевой шпат, кислые плагиоклазы) - слюды (мусковит, биотит)- железистые хлориты и иллиты-аутигенные минералы (окислы и гидроокислы железа и марганца, фосфат железа, аморфный кремнезем (створки диатомовых)).
Поступление твердых частиц	Ледовый разнос, влекомый, взвешенный, эоловый	Речной сток, химические и биологические процессы в озере, антропогенный сток, подземные воды

Параметры	Онежское приледниковое озеро (14000-11000 лет назад)	Онежское озеро (11000 лет назад – настоящее время)
Мощность отложений	До 10 м	3-4 м
Скорость осадконакопления	1-2 - 10-20 мм в год (максимум до 2-3 иногда 10 см)	0,01-1,5 мм в год

Смена климатических условий от холодных, арктических позднего неоплейстоцена к теплым и влажным условиям голоцена в Северном полушарии около 11500 лет назад привела к изменению процессов озерного осадконакопления от минерального к органогенному типу, наблюдающихся повсеместно в виде смены глинистых отложений илистыми. Строение кернов озерных отложений, где бы они не были отобраны, будет иметь двухчленное строение: нижняя часть разреза донных отложений будет представлена минеральными отложениями позднего неоплейстоцена, формировавшихся в условиях сурового, холодного, континентального (нивального) климата, а верхняя часть разреза – органогенными отложениями голоцена, формировавшихся в условиях умеренно теплого, влажного (гумидного) климата. Следует отметить, что граница смены минеральных отложений органогенными имеет часто резкий характер. Это свидетельствует о быстрых природно-климатических изменениях. Возраст этой границы перехода от минеральных осадков к органогенным на СЗ России по данным многочисленных радиоуглеродных анализов варьирует в узком диапазоне 9500-9000 лет назад. Это связано, по-видимому, с запоздалой реакцией наземных и водных экосистем на потепление около 11500 лет назад. Запоздалая реакция озерных экосистем и наземной растительности на быстрое/катастрофическое потепление на рубеже неоплейстоцена и голоцена может быть объяснена различием циркуляции воздушных масс на СЗ России по сравнению с более западными районами Европы, прилегающими к Северной Атлантике. Экстремальная континентальность климата и/или антициклональная циркуляция из-за возможного господства сильных восточных ветров к югу от Скандинавского ледникового щита, могли способствовать сохранению вечной мерзлоты на СЗ России. Зона высокого давления над территорией распространения вечной мерзлоты и преобладание восточных ветров могли блокировать перенос теплых воздушных масс с запада на восток на протяжении более 2000 лет (11500-9500 лет назад) [5].

Предшествующее голоценовому потеплению позднедриасовое похолодание (12800-11500 л.н.) характеризуется тем, что его начало было очень быстрым/резким (сейчас датируется $12,85 \pm 0,14$ тыс.л.н.). Например, понижение температуры в Гренландии составило 9-14 °С и могло произойти в течение одного года или даже быстрее [4]. Это может быть объяснено внезапным, катастрофическим притоком больших масс пресной воды в Северную Атлантику, по сравнению с более постепенным поступлением их на более ранних этапах дегляциации. Это произошло из-за спуска огромных приледниковых бассейнов – озера Агассиса, располагавшегося у края ледникового щита в Северной Америке, и Балтийского ледникового озера, прилегавшего к южной окраине Балтийского ледникового щита. В последнее время активно обсуждается в научной литературе импактная гипотеза. Согласно этой гипотезе, взрыв в воздухе или падение на поверхность Земли небесного тела (кометы) около 12850 лет назад послужил причиной последующего 1200 летнего позднедриасового похолодания. Это более чем тысячелетнее похолодание произошло резко и привело к вымиранию плейстоценовой мегафауны (в Западном полушарии произошло ее сокращение на $\frac{3}{4}$) и к исчезновению палеоиндийской культуры Кловис. Следы этого события обнаружены в разных районах земного шара, а также в озерных отложениях в европейской части России [1; 6; 7]

Исследования проводятся при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-17-00206
<https://rscf.ru/project/24-17-00206>

Список литературы

1. Андроников А.В., Субетто Д.А., Лауретта Д.С., Андроникова И.Е., Дросенко Д.А., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т., Сырых Л.С. Поиск следов метеоритного удара: особенности распределения микроэлементов в позднеплейстоценовых осадках оз. Медведевское (Карельский перешеек, Россия) // Доклады Академии наук. 2014. Т. 457. № 1. Р. 69–73. <https://doi.org/10.7868/S0869565214190190>
2. Рыбалко А.Е., Зобков М.Б., Потахин М.С., Кулик Н.В., Ефременко Н.А., Лаврова Н.Б., Рязанцев П.А., Тарасов А.Ю., Филимонова Л.В., Шелехова Т.С., Шварев С.В.7, Алёшин М.И., Беляев П.Ю., Бородулина Г.С., Здоровеннова Г.Э., Здоровеннов Р.Э., Ибрагимова А.Г., Карпечко Ю.В., Корост С.Р., Корост Д.В., Кузнецов В.Ю., Кухарев В.И., Левичев М.А., Малов В.И., Никонов А.А., Овдина Е.А., Орлов А.В., Рябинкин А.В., Слабунов А.И., Токарев М.Ю., Фролова Л.А., Гатальская Е.В., Кравченко И.Ю., Ханг Т. Палеолимнология Онежского озера: от приледникового озера к современным условиям. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2022. 331 с. <https://doi.org/10.17076/m--onegopaleo23>
3. Страховенко В.Д., Субетто Д.А., Малов В.И., Кириченко И.С., Белкина Н.А., Потахин М.С., Орлов А.В. Особенности минеральных парагенетических ассоциаций и геохимический состав различных пачек ленточных глин Онежского приледникового озера // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2025. Т. 70. Вып. 1. С. 166–188. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2025.109>
4. Alley R.B. The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland // Quaternary Science Review. 2000. Vol.19. P. 213–226.
5. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. Санкт-Петербург: РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 339 с.
6. Andronikov A.V., Andronikova I.E., Subetto D.A., Rudnickaitė E.. Geochemical records of paleocontamination in Late Pleistocene lake sediments in West Flanders (Belgium) // Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography. 2018. Vol. 100. Iss. 2. P. 204–220. <https://doi.org/10.1080/04353676.2017.1408955>
7. Pino M., Abarzúa A., Astorga G., Martel-Cea A., Cossio N., Navarro R., Lira M., Labarca R., Lecompte M., Adedeji A., Moore C., Bunch T., Mooney C., Wolbach W., West A., Kennett J. Sedimentary record from Patagonia, southern Chile supports cosmic-impact triggering of biomass burning, climate change, and megafaunal extinctions at 12.8 ka // Scientific Reports. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 4413. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38089-y>
8. Subetto D., Rybalko A., Naumenko M., Ludikova A., Kuznetsov D., Aksenov A., Tokarev M., Kublitskiy Yu. The Geology, Geomorphology, and History of Lake Ladoga: A Review // Doklady Earth Sciences. 2024. Vol. 519. Iss. S1. P. S91-S109. <https://doi.org/10.1134/S1028334X24604735>

А.Н. Суворова^{1,2}, Е.Д. Фомичева^{1,3}, Л.А. Савельева¹, З.В. Пушина^{2,3}, Г.Б. Федоров⁴

¹Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского, г. Санкт-Петербург, Россия

³ФГБУ «ВНИИОкеангеология», г. Санкт-Петербург, Россия

⁴Институт ботаники им. А. Тахтаджяна НАН РА, г. Ереван, Армения

plinkol@yandex.ru, fom.lissa@gmail.com

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА В КОНЦЕ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И РАННЕМ ГОЛОЦЕНЕ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ КЕРНА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА КРАСНОЕ

Представлены первые результаты спорово-пыльцевого и диатомового анализов нижней части колонки отложений оз. Красное (23,80 – 17,00 м), выполненные с высоким разрешением. Охарактеризована смена растительных сообществ на водосборе исследуемого водоема, описаны обстановки в котловине оз. Красное в период позднеледникового и раннего голоцена. Описание приводится на основе выделенных палинозон, которые сопоставлены с климатическими периодами схемы Блитта-Сернандера - с аллереда до бореального времени.

Ключевые слова: Карельский перешеек, ранний голоцен, позднеледниковье, спорово-пыльцевой анализ, диатомовый анализ, биомизация

A.N. Suvorova^{1,2}, E.D. Fomicheva^{1,3}, L.A. Savelieva¹, Z.V. Pushina^{2,3}, G.B. Fedorov⁴

¹Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

²A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint Petersburg, Russia

³VNIOceangeologia, St. Petersburg, Saint Petersburg, Russia

⁴A. Takhtajan Institute of Botany NAS RA, Yerevan, Armenia

plinkol@yandex.ru, fom.lissa@gmail.com

PALEOGEOGRAPHICAL CHARACTERISTICS OF THE CENTRAL PART OF THE KARELIAN ISTHMUS AT THE LATE PLEISTOCENE AND THE EARLY HOLOCENE BASED ON THE KRASNOE LAKE'S SEDIMENT CORE STUDY

The first results of high-resolution spore-pollen and diatom analysis for the lower part of sediment core from Lake Krasnoe (23,80 – 17,00 m) are presented. The vegetation change of the central part of the Karelian Isthmus and conditions in the basin of Lake Krasnoe during the Late Glacial and Early Holocene are described. The description is given on according to the Blytt-Sernander scheme - from Allerød to Boreal time.

Keywords: Karelian Isthmus, Early Holocene, Late Glacial, spore-pollen analysis, diatom analysis, biome reconstruction

Финальные стадии позднего неоплейстоцена и ранний голоцен характеризуются многократными и кратковременными изменениями климата [6] и переходом от позднеледниковых к послеледниковым условиям природной среды.

Детальная реконструкция условий осадконакопления в оз. Красное и изменения окружающих ландшафтов позволяет проследить особенности динамики природной среды центральной части Карельского перешейка в позднеледниковье и раннем голоцене. Мощность поздненеоплейстоценовых и голоценовых донных отложений в оз. Красное превышает 20 м. Скорости осадконакопления сапропелевых илов в водоеме составляют порядка 2,1 мм в год, тогда как в большинстве изученных озер Карельского перешейка не превышают 1,5 мм в год и менее [1]. Учитывая мощности донных отложений и скорости

накопления илов, осадки оз. Красное являются перспективными для детальной реконструкции изменения растительности, климата и эволюции озера в позднеледниковье и голоцене.

В данной работе представлены результаты анализа нижней части колонки в интервале от 23,8 до 17,0 м.

Материалы и методы. В августе 2020 года были проведены полевые работы на оз. Красное, Карельский перешеек. Выполнено бурение донных осадков с платформы при помощи комплекса бурового оборудования UWITEC. Общая мощность вскрытых отложений составила 23,8 м.

Рассматриваемая в работе часть колонки (23,8 – 17,0 м) представлена следующими литологическими горизонтами снизу вверх: 1) глина серо-коричневая неявно слоистая с прослоями мелкозернистого песка (23,8 – 22,4 м); 2) мелкозернистый песок серо-охристый (22,4 – 22,0 м); 3) ленточная глина серо-сизая (21,5 – 19,6 м); 4) гиттиевая глина светло-коричневая (19,6 – 18,4 м); 5) глинистая гиттия светло-коричневая (18,4 – 17,6 м); 6) слоистая гиттия темно-коричневая (17,6 – 17,0 м).

Спорово-пыльцевой и диатомовый анализы проводились в лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана» им. В.П. Кёппена Института наук о Земле СПбГУ.

Методом спорово-пыльцевого анализа изучено 63 образца в интервале от 23,8 м до 17,0 м, через 4 см в интервале от 17,0 м до 20,0 м и через 20 см в интервале от 20,0 м до 23,8 м. Пробоподготовка проводилась в соответствии с сепарационным методом В.П. Гричука [2], масса каждого образца составила 1,5 г, а со значительным содержанием песка 2 г. Для подсчета концентрации пыльцы использованы таблетки с известным количеством спор *Lycopodium*. При построении спорово-пыльцевой диаграммы за 100% принята сумма пыльцы наземных растений. Реконструкция растительности выполнена с использованием метода биомизации [8; 9].

Методом диатомового анализа изучено 36 образцов с частотой 10 см, охватывающих интервал колонки донных отложений от 20,50 м до 17,00 м. Обработка проб проводилась по стандартной методике [4]. В каждом образце проведен подсчет створок диатомовых водорослей до 300 экземпляров, также отмечались фрагменты спикул губок и цисты золотистых водорослей (*Chrysophyta*).

Реконструкция палеогеографических условий. На основе полученных палинологических данных построена спорово-пыльцевая диаграмма, на которой выделено 4 пыльцевые зоны снизу вверх (PZ-1 – PZ-4). По результатам биомизации также выделено четыре зоны, которые соответствуют спорово-пыльцевым зонам. Палинозоны (PZ) соотносятся со схемой Блитта-Сернандера и, предположительно, соответствуют следующим климатическим периодам: PZ 1 – аллеред, PZ 2 – поздний дриас, PZ 3 – пребореальный период и PZ 4 – бореальный период. В ходе проведения диатомового анализа определено 85 таксонов, на основании изменения видового состава и экологических групп диатомей выделены 4 диатомовые зоны снизу вверх (DZI – DZIV). Они сопоставляются с палинозонами: DZI и DZII соответствует PZ 2, DZIII – PZ 3, DZIV – PZ 4.

В растительном покрове аллереда доминирует биом тундры с березовыми редколесьями (*Betula nana* – 20-30%, *Betula sect. Albae* – 15-25%) с участием сосны (*Pinus* – 10-20%), ольхи (*Alnus* и *Alnus fruticosa* – 5-10%) и ели (*Picea* до 5%).

В позднем дриасе в центральной части Карельского перешейка уменьшается доля лесных биомов, доминирующим становится биом тундры при значительной доле степей. В растительном покрове господствуют травяно-кустарничковые тундры, в которых преобладают карликовая береза (*Betula nana* до 40%) и травы (*Artemisia*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae* и другие, в сумме ~30%). Сосна (*Pinus* – 10-20%) и ольха кустарниковая (*Alnus fruticosa* – 10-15%) находятся в подчиненной роли в растительном покрове. В благоприятных местообитаниях, вероятно, произрастали древовидные формы берез (*Betula sect. Abies* – 20%). Наряду с тундровыми растениями встречалась эфедра. В конце позднего

дриаса и начале пребореального периода отмечается кратковременное увеличение вересковых в растительном покрове.

По результатам диатомового анализа котловина оз. Красное в позднем дриасе была занята водами крупного холодного олиготрофного водоема, осадки которого характеризуются наименьшим количеством створок диатомей, монодоминантным комплексом, представленным олиготрофной *Aulacoseira islandica* [3], доля которой варьирует от 65 до 99%. В конце позднего дриаса, температура водной толщи, вероятно, повышалась, о чем свидетельствует резкое увеличение количества видов диатомей и появление в субдоминантах *Aulacoseira subarctica* (от 6 до 17%) – обитателя малых и крупных олиго-мезотрофных водоемов [7].

В пребореальном периоде увеличивается доля биомов тайги, прохладных хвойных и смешанных лесов, биом тундр остается значительным в растительном покрове. В первую половину пребореала господствуют березовые разреженные леса (*Betula* sect. *Albae* до 60%). Значительная роль принадлежит иве (*Salix* до 5-9%) и вересковым (*Ericales* до 8%), единично произрастает сосна (*Pinus* до 15%) и ель (*Picea* – 1-2%). В травяном ярусе доминируют осоковые (*Cyperaceae* до 15%) и полынь (*Artemisia* – 5-10%). Во вторую половину пребореала увеличивается роль сосны (*Pinus* до 15%) и карликовой березы (*Betula nana* до 10-15%) в растительном покрове. Рост доли папоротниковых (*Polypodiaceae* до 15%) свидетельствует об увеличении облесенности. В конце пребореала появляется вяз.

Образование донных отложений происходило в мелководных более теплых условиях. Диатомовые комплексы характеризуются сложной структурой – доли планктонных и бентосных диатомей принимают практически равные значения. Среди бентоса ведущую роль занимают эпифиты – *Epithemia* spp., *Fragilaria* spp. (*Pseudostaurosira brevistriata*, *Staurosira venter*, *S. construens*, *S. binodis*, *S. spp.*). Доминирующими планктонными таксонами остаются *A. islandica* и *A. subarctica*, однако в интервалах отложений 19,31 – 19,19 м и 18,70 – 18,72 м доля *A. subarctica* (35-52%) значительно выше доли *A. islandica* (1-9%). Однако в интервалах отложений 18,62 – 18,60 м и 18,42 – 18,40 м количество *A. islandica* (38-40%) значительно превосходит *A. subarctica* (6-17%).

В бореальном периоде в центральной части Карельского перешейка доминирует биом прохладных хвойных лесов. Лесной покров становится более сомкнутым. Роль сосны (*Pinus* до 40%) в растительном покрове значительно увеличивается на фоне доминирования березы (*Betula* sect. *Albae* – 40-55%). Доля ивы (*Salix* – 3-5%) в растительных сообществах уменьшается. В самом начале периода отмечается кратковременное увеличение ели (*Picea* до 5%), ольхи (*Alnus* до 15%), широколиственных пород деревьев и лещины. Ель почти полностью исчезает из растительного покрова к концу данного периода. В благоприятных местообитаниях на юго-востоке перешейка появляются вяз и лещина. Травяной ярус разнообразен, преобладают злаковые (*Poaceae* до 25%).

В бореальное время по данным диатомового анализа уровень воды в котловине оз. Красное постепенно повышался вследствие Анциловой трансгрессии, при этом сохранялись относительно тепловодные условия. В этот период отмечается постепенное увеличение доли планктонных диатомей до 98% с кратковременными периодами увеличения количества бентосных видов (*Fragilaria* spp. до 33%).

Результаты ранее выполненного геохимического анализа [5] донных отложений оз. Красное хорошо согласуются с полученными данными биостратиграфических анализов.

Выводы. Сопоставление данных спорово-пыльцевого и диатомового анализов, проведенных для нижней части колонки донных отложений оз. Красное (23,8–17,0 м), позволило уточнить палеогеографические обстановки для центральной части Карельского перешейка. В позднеледниковое время в исследуемом районе существовал крупный приледниковый водоем, на водосборе господствовали тундровые сообщества. Ранний голоцен характеризуется постепенным улучшением климатических условий и развитием лесной растительности, а также динамичными гидрологическими обстановками. Так в пребореальное время в котловине оз. Красное преобладали мелководные условия, которые

сменялись более глубоководными в бореальное время, вероятно вызванными Анциловой трангрессией, однако с небольшим понижением уровня воды в первой половине данного периода.

Детальные палинологические и диатомовые исследования верхней части колонки донных отложений оз. Красное будут продолжены.

Список литературы

1. *Грейсер Е.Л.* Озерные котловины Карельского перешейка // История озер Северо-Запада: материалы I симпозиума по истории озер Северо-Запада СССР. Ленинград, 17-20 ноября 1965 г. Геогр. о-во СССР. 1967. С. 323–328
2. *Гричук В.П., Заклинская Е.Д.* Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии // М., 1948. 224 с.
3. *Давыдова Н.Н.* Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука. 1985. 243 с.
4. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. Л.: Наука, 1974. 403 с.
5. *Фомичева Е.Д.* Обстановки осадконакопления в котловине озера Красное (Карельский перешеек) в позднеледниковье и голоцене по данным геохимического анализа 24-метрового керна донных осадков // Всероссийская междисциплинарная молодежная научная конференция «Азимут ГЕОнаук – 2022». 2022. С. 410–412.
6. *Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
7. *Gibson C., Anderson N., Haworth E.* Aulacoseirasubarctica: taxonomy, physiology, ecology and palaeoecology // European Journal of Phycology. 2003. Vol. 38. Iss. 2. P. 83–101.
8. *Prentice C., Guiot J., Huntley B., Jolly D., Cheddadi R.* Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka // Climate Dynamics. 1996. Т. 12. Iss. 3. P. 185–194. <https://doi.org/10.1007/BF00211617>
9. *Tarasov P., Volkova V., Webb T., Guiot J., Andreev A., Bezusko L., Bezusko T., Bykova G., Dorofeyuk N., Kvavadze E., Osipova I., Panova N., Sevastyanov D.* Last glacial maximum biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from northern Eurasia. 2020. 23 p.

ГОЛОЦЕНОВАЯ ГЕРПЕТОФАУНА ИЗ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ЧЕРЕМУХОВО-1 НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ

В статье приводятся результаты исследования костных остатков амфибий и рептилий из голоценовых отложений местонахождения Черемухово-1 (Северный Урал). В составе герпетофауны раннего и позднего голоцена установлено присутствие 5 видов. В составе герпетофауны среднего голоцена обнаружены остатки только 4 видов – присутствие сибирской лягушки в отложениях этого возраста не выявлено. Выдвинуто предположение о том, что ядро современной герпетофауны Северного Урала могло сформироваться уже в раннем голоцене.

Ключевые слова: амфибии, рептилии, костные остатки, пещерные отложения

M.S. Tarasova, O.P. Bachura, T.V. Strukova, A.V. Borodin
Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia
marytarrasova@gmail.com

HOLOCENE HERPETOFAUNA OF THE NORTHERN URALS ON THE EXAMPLE OF THE CHEREMUKHOVO-1 SITE

The results of a study of the bone remains of amphibians and reptiles from the Holocene deposits of the Cheremukhovo-1 locality (Northern Urals) are presents in article. The presence of 5 species was established in the herpetofauna of the early and late Holocene. The remains of only 4 species were found in the herpetofauna of the middle Holocene – the presence of the Siberian frog in the deposits of this age was not revealed. It has been suggested that the core of the modern herpetofauna of the Northern Urals could have formed already in the early Holocene.

Keywords: amphibians, reptiles, fossil remains, cave deposits

На Урале заполнения карстовых полостей являются основным источником палеонтологического материала позднеплейстоценового и голоценового возраста. Значимость пещерных отложений заключается в том, что осадконакопление здесь идет непрерывно и костный материал в большинстве случаев не подвергается переотложению вне зависимости от изменений, происходящих в природной среде. Чаще всего при изучении позднечетвертичных отложений из пещерных местонахождений наибольшее внимание уделяется исследованиям млекопитающих, в некоторых случаях – птиц, тогда как остатки амфибий и рептилий просто подсчитываются, либо не упоминаются вовсе. Наиболее подробно герпетофауна изучена только из местонахождений Южного Урала [17]. Вместе с тем, важность изучения голоценовых герпетофаун обусловлена тем, что распространение амфибий и рептилий напрямую связано с климатическими и экологическими условиями среды. Следовательно, изучение качественного и количественного состава видов в сообществах земноводных и пресмыкающихся может дать дополнительные данные для реконструкции палеоэкологических и палеоклиматических условий в течение голоцена.

На Северном Урале известно более 30 карстовых местонахождений, включающих позднечетвертичные остатки крупных и мелких позвоночных животных, среди которых подробно изучены только млекопитающие [1-5; 7-13; 15-16]. Хотя костные остатки земноводных и пресмыкающихся в местонахождениях Северного Урала многочисленны, они определены только до уровня класса [2-3; 8-10]. Таким образом, голоценовая герпетофауна Северного Урала до сих пор не исследована.

Целью данной работы стало установление видового состава герпетофауны из голоценовых отложений местонахождения Черемухово-1 (раскоп 1) из колонок трех квадратов (В/3, Г/3, Д/3) [14]. Пещера расположена в южной части восточного склона Северного Урала (60°24'03" с.ш., 60°03'26" в.д.). В пределах пещеры было заложено три раскопа. Два из них содержат только отложения конца позднего плейстоцена [4, 5]. Раскоп 1 представляет собой многослойное местонахождение, где нижняя толща (слои 9-12) отложилась в период каргинского интерстадиала (>34140 до 25150 радиоуглеродных лет назад), а верхняя толща накапливалась от раннего до конца позднего голоцена (хронология установлена на основании радиоуглеродных дат и археологических находок). Радиоуглеродные даты, сведения о стратиграфии, результатах спорово-пыльцевого анализа, фауне млекопитающих и археологических находках опубликованы ранее [14]. В работе принимается трехчленное деление голоцена на ранний, средний и поздний в хронологических рамках согласно Walker et al., 2012 [19]. К раннему голоцену отнесены материалы из слоя 7, к среднему голоцену – слои 5-6, а к позднему – слои 2-4. Идентификация костных остатков осуществлялась с использованием сравнительных остеологических коллекций Музея ИЭРиЖ УрО РАН и литературных источников [18].

Большая часть костных остатков амфибий и рептилий из голоценовых отложений пещеры Черемухово-1 (р.1) повреждена, представлена фрагментами или имеет следы переваривания, что затрудняет видовую диагностику. По характеру повреждений можно предполагать, что большинство остатков попало в отложения в результате деятельности хищных млекопитающих, вероятнее всего, куньих, кости которых обнаружены во всех голоценовых слоях [14]. Установлено присутствие в местонахождении костных остатков представителей 4 видов амфибий и 1 вида рептилий (табл. 1). Все они, за исключением сибирской лягушки, граница современного ареала которой находится несколько южнее пещеры Черемухово-1 и не достигает 59° с.ш., входят в состав современной герпетофауны исследуемой территории [6].

Таблица 1. Таксономический состав и количество костных остатков амфибий и рептилий из голоценовых отложений пещеры Черемухово-1

Таксон	Ранний голоцен	Средний голоцен	Поздний голоцен
AMPHIBIA			
Сибирский углозуб – <i>Salamandrella keyserlingii</i> Dybowski, 1870	4	2	26
Сибирская лягушка – <i>Rana amurensis</i> Boulenger, 1886	2	0	34
Остромордая лягушка – <i>Rana arvalis</i> Nilsson, 1842	4	7	28
Травяная лягушка – <i>Rana temporaria</i> Linnaeus, 1758	5	23	242
<i>Rana</i> sp.	3	4	14
Ranidae indet.	62	191	1386
Anura indet.	11	57	630
REPTILIA			
Живородящая ящерица – <i>Zootoca vivipara</i> (Lichtenstein, 1823)	12	80	159
Общий итог	103	364	2519

В раннеголоценовых отложениях, несмотря на относительно небольшое количество находок, встречаются остатки всех пяти видов. Присутствие сибирской лягушки указывает на существование в окрестностях местонахождения в раннем голоцене влажных климатических условий и наличие стоячих водоемов. Об этом также свидетельствует присутствие сибирского углозуба, современные представители которого, кроме того, приурочены к закрытым местообитаниям [6]. Это указывает на распространение в раннем

голоцене на исследуемой территории древесно-кустарниковой растительности, что соотносится с данными спорово-пыльцевого анализа [14].

В среднеголоценовых отложениях обнаружены костные остатки четырех видов. В это время резко возрастает доля живородящей ящерицы, тогда как количество остатков сибирского углозуба, напротив, снижается, а сибирская лягушка совсем исчезает. Такие изменения могут быть следствием уменьшения в среднем голоцене влажности климата в сравнении с предыдущим периодом, а также с формированием более светлых, разреженных лесов либо же с уменьшением их площади.

В позднеголоценовых отложениях обнаружено наибольшее число костных остатков земноводных и пресмыкающихся. Доминируют остатки бесхвостых амфибий, остатки сибирского углозуба и живородящей ящерицы обычны. Значительное увеличение долей остатков сибирского углозуба и сибирской лягушки в сравнении со средним голоценом указывает на то, что в этом периоде, вероятно, вновь произошло увеличение влажности климата, в соответствии с чем могло происходить и увеличение площади лесов.

Таким образом, по результатам изучения костных остатков земноводных и пресмыкающихся из местонахождения пещера Черемухово-1 можно предположить, что ядро современной герпетофауны Северного Урала сформировалось уже в раннем голоцене. Отсутствие сибирской лягушки в составе среднеголоценовой и современной фаун Северного Урала из Черемухово-1 может являться следствием ее меньшей экологической пластичности в сравнении с другими амфибиями, что выражается в пульсации ареала вида в течение голоцена. Увеличение площади лесов, которое предположительно происходило на исследуемой территории в позднем голоцене, соотносится с данными спорово-пыльцевого анализа и результатами, полученными по фауне млекопитающих [14].

Исследование выполнено в рамках госзадания ИЭРиЖ УрО РАН № 122021000095-0.

Список литературы

1. *Бачура О.П.* Крупные млекопитающие Северного Урала в позднем плейстоцене и голоцене: автореф... дис. кан. биол. наук. Екатеринбург: 2006. 23 с.
2. *Бачура О.П.* Материалы по фауне млекопитающих позднего плейстоцена и голоцена из пещеры «Жилище Сокола» (Северный Урал) // Фауны и флоры Северной Евразии в позднем кайнозое. Екатеринбург-Челябинск: ООО «ЦИКР «Рифей», 2008. С. 101–123.
3. *Бачура О.П., Пластеева Н.А.* Голоценовая фауна млекопитающих из грота Бурмантовский на Северном Урале // Фауны Урала и Сибири в плейстоцене и голоцене. Челябинск: Изд-во «Рифей». 2005. С. 38–55.
4. *Бачура О.П., Струкова Т.В.* Остатки млекопитающих из местонахождения Черемухово-1 (раскоп 4) // Фауна Урала в плейстоцене и голоцене. Екатеринбург: Изд-во «Университет», 2002. С. 37–55.
5. *Бородин А.В., Косинцев П.А., Струкова Т.В., Некрасов А.Е.* Млекопитающие, птицы и рыбы из местонахождения Черемухово 1 (раскоп 2) // Плейстоценовые и голоценовые фауны Урала. Челябинск: Изд-во «Рифей», 2000. С. 59–80.
6. *Вершинин В.Л.* Амфибии и рептилии Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 172 с.
7. *Косинцев П.А.* Фауна крупных млекопитающих Северного Урала в позднем плейстоцене и голоцене // Материалы и исследования по истории современной фауны Урала. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1996. С. 84–110.
8. *Косинцев П.А., Бачура О.П.* Новые голоценовые местонахождения крупных млекопитающих на Северном Урале // Фауны Урала и Сибири в плейстоцене и голоцене. Челябинск: Изд-во «Рифей», 2005. С. 148–168.

10. *Косинцев П.А., Мамяченкова М.В., Бачура О.П.* Крупные млекопитающие из отложений пещеры «Лисья» // Плейстоценовые и голоценовые фауны Урала. Челябинск: Изд-во «Рифей», 2000. С. 123–136.
11. *Косинцев П.А., Орлова (Мамяченкова) М.В.* Крупные млекопитающие из местонахождений «Лобвинская пещера» и «Лобва I» // Фауна Урала в плейстоцене и голоцене. Екатеринбург: Изд-во «Университет», 2002. С. 136–145.
12. *Кузьмина И.Е.* Формирование териофауны Северного Урала в позднем антропогене // Материалы по фаунам антропогена СССР. Тр. ЗИН том XLIX. Л.: Наука, 1971. С. 44–122.
13. *Пономарев Д.В.* Крупные млекопитающие Европейского Северо-Востока в позднем плейстоцене и голоцене. Сыктывкар: Изд-во Коми научного центра УрО РАН, 2001. 48 с.
14. *Смирнов Н.Г.* Разнообразие мелких млекопитающих Северного Урала в позднем плейстоцене и голоцене // Материалы и исследования по истории современной фауны Урала. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1996. С. 39–83.
15. *Струкова Т.В., Бачура О.П., Бородин А.В., Стефановский В.В.* Первые находки фауны млекопитающих в аллювиально-спелеогенных образованиях позднего неоплейстоцена и голоцена Северного Урала (Черемухово-1) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14. № 1. С. 98–108.
16. *Тетерина А.А.* Ископаемые фауны мелких млекопитающих из местонахождений Северного Урала // Фауна Урала в плейстоцене и голоцене. Екатеринбург: Изд-во «Университет», 2002. С. 111–135.
17. *Фадеева Т.В., Смирнов Н.Г.* Мелкие млекопитающие Пермского Предуралья в позднем плейстоцене и голоцене. Екатеринбург: Изд-во «Голицынский», 2008. 172 с.
18. *Яковлева Т.И.* Ретроспективная характеристика голоценовых сообществ земноводных и пресмыкающихся западного макросклона Южного Урала: автореф... дис. кан. биол. наук. Тольятти: 2009. 19 с.
19. *Ratnikov V.* Osteology of Russian toads and frogs for paleontological researches // Acta zoologica cracoviensia. 2001. Vol. 44. Iss. 1. P. 1–23.
20. *Walker M.J., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L., Fisher D., Long A., Lowe J., Newnham R., Rasmussen S., Weiss H.* Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy) // Journal of Quaternary Science. 2012. Vol. 27. Iss. 7. P. 649–659. <https://doi.org/10.1002/jqs.2565>

Т.И. Тихонова, Т.А. Янина, А.А. Ткач
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
tihonovati@my.msu.ru

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ ПО МАЛАКОФАУНИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ С ПЛОЩАДЕЙ РАКУШЕЧНАЯ И ЮРИЯ КОРЧАГИНА

В статье предпринята попытка реконструкции колебания уровня Каспийского моря в голоцене на основе малакофаунистического анализа скважин из Северного Каспия. Выделены пресноводные, слабо солоноватоводные и солоноватоводные комплексы фауны, чередование которых в толще осадков соответствует различным стадиям развития бассейна. Анализ выделенных комплексов позволил выявить три трансгрессивных стадии с слабо- и солоноватоводной фауной, и три регрессивные стадии с повышенным количеством пресноводных видов. Они соответствуют основным событиям голоцена - мангышлакской регрессии и многостадийной новокаспийской трансгрессии.

Ключевые слова: малакофауна, Каспийское море, новокаспийская трансгрессия, колебания уровня, мангышлакская регрессия

T.I. Tikhonova, T.A. Yanina, A.A. Tkach
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
tihonovati@my.msu.ru

THE FLUCTUATIONS IN THE CASPIAN SEA LEVEL IN THE HOLOCENE ACCORDING TO MOLLUSK FAUNA ANALYSIS FROM THE AREAS OF RAKUSHECHNAYA AND YURI KORCHAGIN

The article attempts to reconstruct fluctuations in the level of the Caspian Sea in the Holocene based on mollusk fauna analysis of cores from the Northern Caspian Sea. Freshwater, slightly brackish and brackish fauna complexes have been identified, the alternation of which in the sediment column corresponds to different stages of the basin's development. The analysis of the complexes revealed three transgressive stages with slightly- and brackish fauna, and three regressive stages with an increased number of freshwater species. They correspond to the main events of the Holocene - the Mangyshlak regression and the multistage New Caspian transgression.

Keywords: mollusk fauna, Caspian Sea, New Caspian transgression, sea level fluctuations, Mangyshlak regression

Введение. Колебания уровня Каспийского моря и эволюция его природной среды продолжают оставаться предметом острого научного интереса, несмотря на многовековую историю изучения этого уникального бассейна. Одним из основных методов палеогеографических реконструкций для Каспия является малакофаунистический. Сравнительный анализ смены комплексов моллюсков во времени дает основание для заключения о колебаниях уровня моря и о смене природных условий обитания малакофауны. Нами выполнен малакофаунистический анализ голоценовых отложений шельфа Северного Каспия, вскрытых бурением в ходе инженерно-геологических изысканий ООО Моринжгеология (г. Рига) в пределах двух площадей - месторождений Ракушечная и Юрия Корчагина. Образцы хранятся в НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена. Для некоторых скважин площади Ракушечная получены радиоуглеродные даты, которые помогли уточнить временные рамки трансгрессивно-регрессивных событий.

Результаты исследований и их интерпретация. Полученные результаты малакофаунистического анализа по образцам скважин показали смену в толще осадков

пресноводных, слабо солоноватоводных и солоноватоводных комплексов фауны, которые соответствуют различным стадиям развития бассейна.

В пределах скважин площади Ю. Корчагина выделяется 2 комплекса с солоноватоводными видами моллюсков: первый в составе *Cerastoderma glaucum* – *Didacna* – *Monodacna*, и второй *Didacna* – *Monodacna* – *Dreissena caspia*. Они характеризуют слабое влияние пресных вод дельты во время трансгрессивных стадий Каспия. В их пределах выделяется слабо солоноватоводная ассоциация *Monodacna* – *Adacna laeviuscula* – *Dreissena polymorpha*, указывающая на небольшое усиление влияния пресных вод; и пресноводная ассоциация из обломков *Dreissena polymorpha* – *Unio sp.*, характеризующая видовой состав мангышлакских палеоврезов. Между солоноватоводными выделяется пресноводный моновидовой комплекс из *Dreissena polymorpha*, отражающий этап активного выдвижения дельты во время регрессии; и слабо солоноватоводный комплекс *Monodacna polymorpha* – *Monodacna caspia* – *Adacna laeviuscula*, указывающий на незначительное опреснение.

Таблица 1. Сводный видовой состав скважин площади Ю. Корчагина

№	Глубина отбора, м	<i>Cerastoderma glaucum</i>	<i>D. barbotdemarii</i>	<i>D. longipes</i>	<i>D. parallela</i>	<i>M. caspia</i>	<i>M. polymorpha</i>	<i>Dr. caspia</i>	<i>A. laeviuscula</i>	<i>A. vitrea</i>	<i>Clessiniola variabilis</i>	<i>Dr. polymorpha</i>	<i>Teodoxus pallasii</i>	<i>Turricaspia elegantula</i>	<i>Unio sp.</i>
1	0,40-0,62														
3	0,5-0,8														
2	0,60-0,80														
5	0,6-1,2														
4	1-1,05														
6	1,3-1,36														
8	1,55-1,75														
7	1,8-2,0														
9	2,15-2,4														
10	2,2-2,4														
11	2,3-2,6														

	единичные
	редко встречаются
	часто встречаются
	преобладают

	солоноватоводный бассейн
	слабо солоноватоводный бассейн
	пресноводный бассейн

В пределах скважины Ракушечная выделяется суммарно 3 солоноватоводных и слабо солоноватоводных комплексов моллюсков (*Monodacna polymorpha* – *Monodacna caspia* – *Dreissena caspia*) соответствующие трансгрессивной ритмике Каспия, и разделяющие их 2 пресноводных комплекса представленные *Dreissena polymorpha* – *Gyraulus eichwaldi* – *Viviparus viviparus* – *Unio sp.*, указывающие на опресняющее влияние дельты во время регрессий.

На трансгрессивные события указывают слабо солоноватоводные, и в особенности солоноватоводные комплексы. В районах скважин Ракушечная и Ю. Корчагина таких комплексов выделяется 3. Трансгрессивные комплексы характеризуются преобладанием солоноватоводных и слабо солоноватоводных видов *Didacna* – *Monodacna* – *Dreissena caspia* с примесью морского вида *Cerastoderma glaucum*. В аналогичном интервале в скважине

Ракушечная данный комплекс представлен *Monodacna polymorpha* – *Dreissena caspia* с единичными обломками пресноводных видов, указывающих на периодическое сезонное опреснение в весенний период. Регрессивные события, в период которых придельтовая равнина осушалась и шло значительное опреснение акватории, представлены пресноводными комплексами. В скважинах Ракушечная и Юрия Корчагина пресноводных комплексов 2. В основном они представлены реофильными видами *Dreissena polymorpha* – *Unio* – *Viviparus viviparus*. В нижнем пресноводном комплексе скважины Ракушечная отмечается большое число представителей семейства *Planorbidae*, предпочитающие более спокойные условия седиментации. Полученные радиоуглеродные датировки по скважине Ракушечная позволяют оценить возраст раннего регрессивного этапа в более чем 4700 лет, а позднего в 2952–3080 лет. Образцы регрессивных стадий также отличаются большим количеством раковинного детрита и крупных обломков, плохой сохранностью раковин.

Таблица 2. Сводный видовой состав скважин площади Ракушечная

№	Глубина отбора, м	<i>M. caspia</i>	<i>M. polymorpha</i>	<i>Dr. caspia</i>	<i>A. laeviuscula</i>	<i>Dr. polymorpha</i>	<i>Clessiniola variabilis</i>	<i>Teodoxus pallasi</i>	<i>Unio sp.</i>	<i>Viviparus viviparus</i>	<i>Gyraulus eichwaldi</i>
1	0,5-0,69										
2	0,7-0,8										
3	0,7-0,9										
4	0,9-1,0										
5	1,0-1,2										
6	1,76-1,85										
8	2,01-2,12										
7	3,5-3,7										

Примечание: Условные обозначения в табл. 1.

В результате проведенного малакофаунистического анализа двух районов в голоценовых осадках Северного Каспия генерально выделяется 3 трансгрессивных стадии с слабо- и солоноватоводными комплексами, и 3 регрессивные стадии с повышенным количеством пресноводных видов. Они соответствуют основным событиям голоцена - мангышлакской регрессии и многостадийной новокаспийской трансгрессии.

Малакофауна мангышлакской регрессии вскрыта в скважинах Ю. Корчагина на глубинах 2,2-2,4 м. Она представлена преимущественно пресноводными видами *Dreissena polymorpha*, *Unio sp.* и единичными слабо солоноватоводными видами. В образцах преобладает детрит, раковины имеют плохую сохранность, что указывает на активный гидродинамический режим в пресноводных условиях, вероятно, одной из протоков дельты.

Новокаспийская трансгрессия развивалась стадийно и осложнена рядом трансгрессивных и регрессивных стадий. В изученных колонках новокаспийские осадки имеют мощность от 1,5 до 3,2 м и характеризуются чередованием различных по солености комплексов моллюсков, которые в целом соответствуют установленным пяти стадиям.

Нижний комплекс (nk1) выделяется во всех скважинах и характеризуется преобладанием слабо- и солоноватоводных комплексов с ведущей ролью видов *Didacna* и *Monodacna*.

Малакофаунистические комплексы регрессивного этапа nk2 описаны в скважинах Ю. Корчагина и Ракушечная на глубинах 1,55-1,75 и 1,76-1,85 м. Это хорошо отделяемые пресноводные комплексы, представляющие различные типы водоемов в пределах дельты. В

скважине Ю. Корчагина представлен реофильный комплекс из *Dreissena polymorpha* и *Unio* sp., характеризующий хорошо промываемые условия протоки.

Последующая трансгрессивная стадия nk3 в изученных скважинах представлена слабо- и солоноватоводными комплексами малакофауны, с более широким распространением вида *Didacna*. В скважине Ракушечная, для которой характерны более «опресненные» комплексы, подъем уровня и ослабление влияния дельты читается по исчезновению пресноводных видов в интервале. По всей видимости, в трансгрессивную стадию nk3 существовал бассейн с более высокой соленостью, чем в nk1.

Следующий горизонт nk4 в исследуемых скважинах отображается в качестве некоторого опреснения комплексов моллюсков в скважинах Ю. Корчагина и Ракушечная. В скважине Ю. Корчагина в интервале 1-1,05 м комплекс малакофауны характеризуется небольшим опреснением, выраженном в резком возрастании количества *Dreissena polymorpha* в образце в сравнении с выше- и нижележащими сообществами. В скважине Ракушечная опресненный комплекс вскрыт в интервале 0,7-1 м, но представлен смесью слабо солоноватоводных и пресноводных видов. Такая слабая выраженность пресноводных видов может говорить лишь о слабом влиянии пресных вод, и, соответственно, небольшом снижении уровня моря. Датирование материала по скважине Ракушечная позволяет предположить возраст регрессивного события 2895 ± 60 лет (2952–3080 кал. лет) [1].

Последующее трансгрессивное поднятие nk5 выражается в слабо- и солоноватоводных малакофаунистических комплексах с ведущей ролью вселенца *Cerastoderma glaucum* и различных видов дидакн. Его интервал занимает первые полметра-метр колонок. Малакофаунистический облик бассейна, и, соответственно, природные условия акватории были близки к современным.

Выводы. Таким образом, проведенный малакофаунистический анализ позволил выделить в осадочной толще голоцена Северного Каспия основные этапы развития бассейна. К ним относятся мангышлакская регрессия, с пресноводной фауной, и многостадийная новокаспийская трансгрессия, представленная чередованием солоноватоводных и пресноводных комплексов, что частично согласуется с данными по району исследования, опубликованными ранее [1-3].

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 25-17-00024.

Список литературы

1. Безродных Ю.П., Янина Т.А., Сорокин В.М., Романюк Б.Ф. Стрoение осадочной толщи голоцена Северного Каспия как отражение изменений климата и уровня моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 5. С. 52–60.
2. Лысенко Е.И., Ткач А.А., Макшаев Р.Р., Янина Т.А., Зенина М.А. Палеоэкологические условия в преддельтовом районе Северного Каспия в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2024. № 1. С. 61–77.
3. Berdnikova A., Lysenko E., Makshaev R., Zenina M., Yanina T. Multidisciplinary Study of the Rybachya Core in the North Caspian Sea during the Holocene // Diversity. 2023. Vol. 15. P. 150.

А.А. Ткач, Т.И. Тихонова, Н.Т. Ткач, В.М. Сорокин
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
tkachaa@my.msu.ru

СРАВНЕНИЕ ЗАПИСИ $\delta^{18}\text{O}$ В БИОГЕННЫХ И ВАЛОВЫХ КАРБОНАТАХ ИЗ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОСАДКОВ СРЕДНЕГО КАСПИЯ

В работе проведено сравнение ранее опубликованных данных об изотопно-кислородном составе валовых проб с полученными нами новыми данными $\delta^{18}\text{O}$ остракод, выделенных из осадков одного и того же керна колонки GS19 в Центральном Каспии. Выявлен заметный контраст между двумя изотопными записями, это позволило подтвердить гипотезу, согласно которой изотопно-кислородная запись валовых карбонатов Каспийского моря подвержена существенному влиянию привноса терригенного материала с водосбора, который не позволяет вычленить в искомой записи палеоклиматический сигнал. В статье продемонстрировано, что изотопный состав раковин остракод является более надежным индикатором изменения климата. Комплексный палеогеографический анализ позволил выделить в изученной осадочной последовательности три фазы: начальную, соответствующую переходу от позднеледникового к голоцену; вторую, характеризующую регрессивное состояние Каспия в мангышлакское время; и заключительную, связанную с новокаспийской трансгрессией Каспийского моря.

Ключевые слова: остракоды, карбонаты, Каспийское море, новокаспийская трансгрессия, колебания уровня, мангышлакская регрессия

A.A. Tkach, T.I. Tikhonova, N.T. Tkach, V.M. Sorokin
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
tkachaa@my.msu.ru

COMPARISON OF $\delta^{18}\text{O}$ RECORDS FROM BIOGENIC AND BULK CARBONATES IN HOLOCENE SEDIMENTS OF THE CENTRAL CASPIAN SEA

This study compares the previously published bulk carbonates oxygen isotope composition with the new ostracod $\delta^{18}\text{O}$ data obtained from the same GS19 core in the Central Caspian basin. The study reveals a notable contrast between the two isotopic records, confirming the hypothesis that the bulk carbonate record of the core was significantly affected by the terrigenous discharge from the catchment area, resulting in a dilution of the paleoclimatic signal. The isotopic composition of ostracod shells has been demonstrated to be an accurate and valuable proxy for climate change. By integrating the available data three stages of the evolution of the Caspian Sea have been identified. The initial stage was identified as corresponding to the Late Glacial – Holocene transition. The second stage is associated with the Mangyshlak lowstand. The final stage is associated with the Neocaspian transgression.

Keywords: ostracods, carbonates, the Caspian Sea, Neocaspian highstand, sea level changes, Mangyshlak lowstand

Изотопно-кислородный состав карбонатов из озерных отложений широко используется в качестве источника палеоклиматической информации. Однако ключевым аспектом применения данного метода в палеогеографии является проблематичность количественной интерпретации определяемых переменных, поскольку они находятся под влиянием широкого спектра взаимосвязанных процессов [3]. Только наличие систематической связи между температурой воды, ее изотопным составом и $\delta^{18}\text{O}$ озерных карбонатов позволяет количественно интерпретировать искомую изотопно-кислородную запись. Кроме того, даже для качественной интерпретации изотопной записи чрезвычайно важна привязка к конкретному водоему и изучение локальных особенностей [4-5]. Многие изотопные исследования озерных систем, и, в частности, Каспийского моря, основаны на

измерении, так называемых, валовых карбонатов. В таком случае велика вероятность «загрязнения» проб терригенным материалом, который искажает палеоклиматическую картину и который на практике бывает трудно отличить от карбонатов, сформировавшихся непосредственно в озере. И хотя изменение доли терригенной составляющей в озере может быть учтено в целях палеорекострукции, например, как свидетельство изменений, протекающих на водосборе, прямая палеоклиматическая интерпретация изотопно-кислородных данных в подобных случаях возможна лишь если удастся доказать, что проанализированный осадок является аутигенным. В связи с этим целью настоящей работы является сравнение изотопно-кислородной записи, полученной по биогенному карбонату и отражающей условия среды [1; 4], с записью $\delta^{18}\text{O}$ по валовым карбонатам, полученным ранее [2].

Колонка GS19 отобрана в глубоководной части Среднего Каспия на глубине 478 м. Первые результаты опубликованы наряду с изотопно-кислородной кривой по валовым карбонатам и девятью радиоуглеродными датами [2], которые использовались в настоящей работе для построения возрастной модели. Нами измерено 37 образцов, представляющих собой раковины остракод двух видов (*C. schweyeri* и *B. dorsoarcuata*), отобранных из осадков того же керна, что исследовала группа В.И. Ферронского.

Сдвиги в значениях $\delta^{18}\text{O}$ были зафиксированы на разных глубинах в зависимости от типа анализируемого карбонатного компонента (рис. 1).

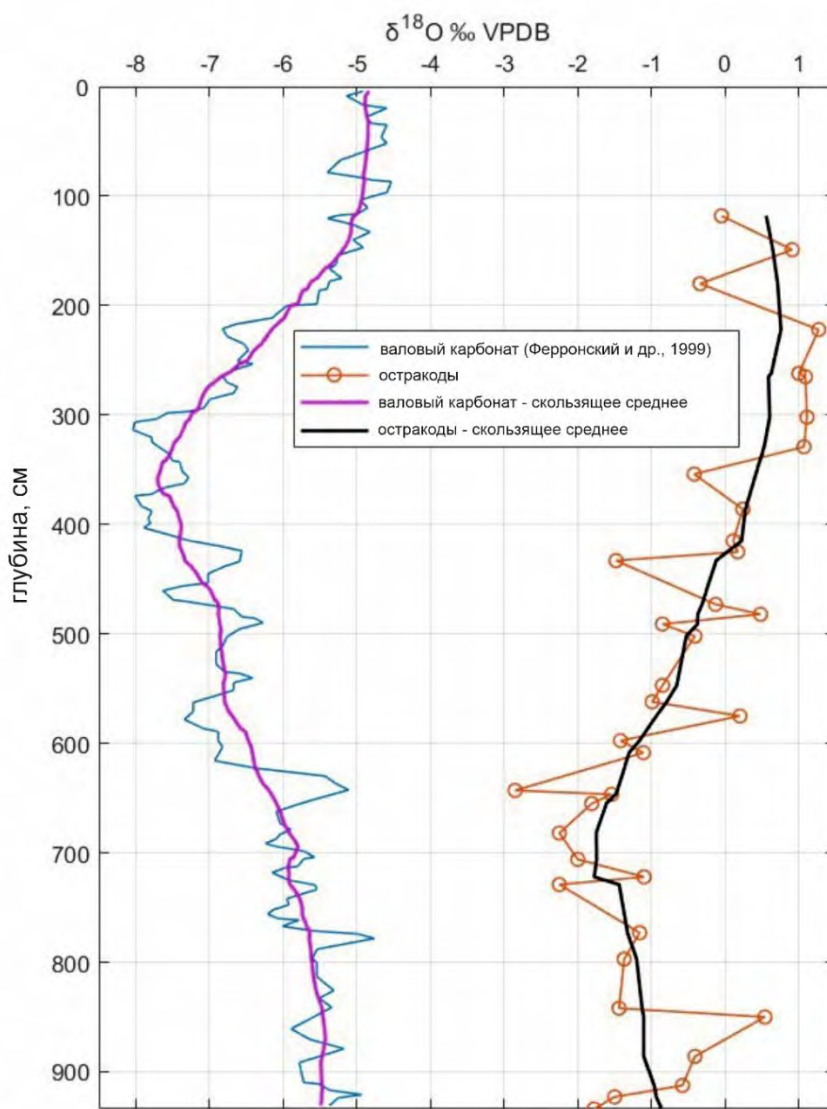


Рис. 1. Сравнение изотопно-кислородных кривых по валовым и биогенным карбонатам в

Формирование карбонатов в глубоководной части Каспийского моря было всесторонне изучено многими исследователями, которые показали, что терригенные карбонаты могут быть доминирующим компонентом донных отложений Среднего Каспия. Присутствие хемогенного кальцита, напротив, было замечено лишь в южной акватории Каспия. Хемогенные карбонаты, как правило, отражают изотопный состав и температуру окружающей воды. Однако валовые карбонаты, по-видимому, не находятся в равновесии с водами Каспийского моря [5]. Доказательства принадлежности измеренного кальцита к аутигенным образованиям также отсутствуют [2]. Мы предполагаем, что изотопно-кислородная запись валовых карбонатов была значительно подвержена влиянию поступления терригенного материала с водосбора. В противоположность этому, изотопный состав раковин остракод отражает динамику изменений условий водной среды Каспия, следующую за изменением климата в регионе, что подтверждается геохимическими и седиментационными данными [5].

Комплексный палеогеографический анализ наряду с интерпретацией хода кривых $\delta^{18}\text{O}$ (Рис. 1) позволяет выделить три этапа развития Каспийского моря, запечатленных в осадочной последовательности керна GS19. Первый этап соотнесен с переходом от позднеледникового к голоцену. Палеоэкологическая реконструкция этого периода на основе имеющихся данных по керну не является валидной из-за ограничений возрастной модели. Второй этап соответствует мангышлакской регрессии. Мы полагаем, что понижение уровня моря в этот период связано с нарастанием аридности в регионе в раннем голоцене, нашедшем отражение в изотопном обогащении биогенных карбонатов. Заключительный, третий этап, связан с новокаспийской трансгрессией, имеющей сложную внутреннюю динамику.

В течение голоцена Каспийское море можно охарактеризовать как гидрологически изолированный водоем в пределах неизменного водосборного бассейна. Ожидается, что испарение будет оказывать значительное влияние на изотопный состав любого замкнутого водоема, особенно расположенного в аридной зоне. Изотопные записи керна GS19 в целом отражают эту закономерность. Важно отметить, что данные по биогенным карбонатам могут быть чувствительны к импульсам поступления речных вод, хотя изотопный состав остракод в целом отражает долгосрочные климатические тренды. Мы также предполагаем, что вариации изотопно-кислородного состава более выражены в периоды регрессий, нежели во время трансгрессивных фаз Каспийского моря, когда увеличившийся объем воды может нивелировать влияние импульсов обедненной ^{18}O речной воды на изотопный состав всего водоема.

Можно заключить, что для интерпретации палеоклиматического сигнала изотопно-кислородной летописи Каспийского моря необходим мульти-прокси подход. Для детального понимания реакции водной среды на внешние изменения необходим доступ к высокоразрешающим записям с надежным возрастным контролем. Учитывая потенциально высокую пространственную гетерогенность этой реакции, когда различные прокси и районы бассейна дают контрастную информацию, будущие исследования должны быть направлены на решение вопроса о том, как можно сравнивать сигналы из Северного, Среднего и Южного Каспия.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 24-77-00011.

Список литературы

1. Ткач А. Палеогеография Каспийского моря в позднем плейстоцене и голоцене на основе изотопно-кислородного анализа остракод: Дисс. к.г.н. 2023. 191 с.

2. Ферронский В.И., Поляков В.А., Куприн П.Н., Лобов А.Л. Природа колебания уровня Каспийского моря (по результатам изучения донных осадков) // Водные ресурсы. 1999. Т. 26. № 6. С. 652–666.
3. Leng M., Marshall J. Palaeoclimate interpretation of stable isotope data from lake sediment archives // Quaternary Science Reviews. 2004. Vol. 23. Iss. 7–8. P. 811–831.
4. Tkach A., Tkach N., Zenina M. Stable oxygen isotopes in modern ostracods from the Caspian Sea // Journal of Paleolimnology. 2024.
5. Tkach A., Tkach N. The Evidence of Climate Change on the Post-LGM – Holocene Evolution of the Central Caspian Sea in a $\delta^{18}\text{O}$ Record from Bulk Carbonates and Ostracods // Pure and Applied Geophysics. 2025.

Н.Т. Ткач¹, А.С. Тайманов², О.Я. Червяцова³, Л.А. Пельгунова⁴, А.А. Ткач²

¹Геологический институт, Российская Академия наук, г. Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³Государственный заповедник «Шульган-Таш», г. Уфа, Россия

⁴Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской Академии наук, г. Москва, Россия

tkachgeo@gmail.com

СПЕЛЕОТЕМЫ ПАДОВСКОЙ ПЕЩЕРЫ (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ) КАК АРХИВ ДЛЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

В работе представлены результаты изучения уникальных образцов натёчного кальцита (спелеотем), отобранных в отвалах Падовского карьера на юге Самарской области. Пещера, в которой сформировались образования, была разрушена в ходе горных работ. Проведено типирование спелеотем, описано их полистадийное строение, свидетельствующее о многократной смене условий в пещерной системе. Методами рентгенфлуоресцентного анализа (РФА) выявлены послонные вариации содержания некоторых химических элементов (S, Sr), интерпретированные как индикаторы смены типа растительности на поверхности над пещерой. Полученные данные демонстрируют высокий потенциал данных образований для проведения детальной палеоклиматической и палеоландшафтной реконструкции для центра Русской равнины с применением методов датирования и изотопного анализа.

Ключевые слова: спелеотемы, натёчный кальцит, палеоклимат, Русская равнина, Самарская область, карст, РФА-анализ

N.T. Tkach¹, A.S. Taimanov², O.Ya. Chervyatsova³, L.A. Pelgunova⁴, A.A. Tkach²

¹Geological Institute Russian Academy of Science, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³Natural reserve «Shulgan-Tash», Ufa, Russia

⁴Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

tkachgeo@gmail.com

SPELEOTHEMS OF PADOVKA CAVE (SAMARA REGION) AS ARCHIVE FOR PALEOGEOGRAPHIC RECONSTRUCTION

This paper presents the results of a study of unique speleothems collected from the dumps of the Padovsky quarry in the south of the Samara region. The cave in which these formations developed was destroyed during mining operations. The speleothems were typified, and their polystage structure, indicative of multiple changes in the cave environment, was described. X-ray fluorescence analysis (XRF) revealed layer-specific variations in the content of chemical elements (S, Sr), interpreted as indicators of a shift in the type of vegetation on the surface above the cave. The obtained data demonstrate the high potential of these formations for detailed paleoclimatic and paleoenvironmental reconstructions of the central Russian Plain using dating methods and isotope analysis.

Keywords: speleothems, calcite, paleoclimate, Russian Plain, Samara region, karst, XRF analysis

Спелеотемы (натёчные минеральные образования пещер) являются ценными палеоархивами, непрерывно аккумулирующими информацию об природных условиях в период своего формирования. Их изучение методами изотопной геохимии и элементного анализа позволяет реконструировать изменения климата и ландшафтов прошлого. Находки хорошо развитых спелеотем на Русской равнине редки в силу распространения закрытого типа карста [1; 2]. Обнаружение и комплексное изучение таких образований в Самарской

области представляет значительный научный интерес для понимания палеогеографической истории региона.

Объектом исследования выступили образцы натёчного кальцита, отобранные в отвалах Падовского карьера, расположенного в пределах возвышенности Каменный Сырт на юге Самарской области. Пещера, сформировавшаяся в известняках казанского яруса перми, была уничтожена в ходе разработки карьера, что делает данные имеющиеся образцы уникальными.

Для изучения спелеотем была применена серия методов: (1) макроскопический анализ и типизация – образцы были распилены, отшлифованы и описана их морфология, внутренняя слоистость, выделены фазы роста; (2) рентгенфлуоресцентный анализ (РФА) и РФА-картирование – проведены на установке Bruker M4 Tornado для получения карт распределения химических элементов (Ca, Mg, Fe, Sr, S, Zn) с высоким пространственным разрешением.

В отобранной коллекции идентифицированы разнообразные морфологические типы спелеотем [2]: флоустуны (покровные кальцитовые образования, сформировавшиеся под действием текущей воды), шельфстуны (образования, маркирующие уровень стояния водоема в пещере) и сталагмиты (образовавшиеся за счет поступления капельной воды). Для многих образцов характерно сложное полистадийное строение, где стадии разделены hiatusами, выраженными темными выветрелыми поверхностями. На примере образцов PD24-7 и PD24-3 выделена трехфазная модель развития: (I) рост сталагмита в условиях капельного питания, (II) пауза в росте, (III) формирование флоустуна в условиях повышенного притока вод. Последовательное образование шельфстунов поверх флоустунов (образец PD24-4) указывает на последующее затопление дна карстовой полости и существование в ней постоянного водоёма.

РФА-анализ выявил четкие послойные вариации в распределении серы (S) и стронция (Sr). В первой фазе роста (сталагмит) наблюдается высокая и флуктуирующая концентрация этих элементов с тенденцией к увеличению к верхней части. Во второй и третьей фазах содержание S и Sr значительно ниже, а его вариации – менее выражены. Известно, что положительная корреляция $\delta^{13}\text{C}$ с содержанием Sr и S может служить индикатором смены типа фотосинтеза доминирующей растительности на поверхности [3]. Высокие концентрации соответствуют большему распространению древесной растительности, а низкие – расширению открытых ландшафтов с травянистыми сообществами.

Обнаруженные в Падовском карьере спелеотемы являются первыми детально описанными образованиями такого рода в Самарской области и центральной части Русской равнины и представляют собой ценный объект для палеогеографических исследований и сформировались, по-видимому, в голоцене.

Полистадийное строение образцов свидетельствует о многократных изменениях гидрологического режима в пещерной системе, связанных с климатическими изменениями и меняющимся уровнем грунтовых вод.

Предварительные геохимические данные (вариации S и Sr) позволяют предположить смену типа растительности на поверхности над пещерой: от относительно лесистых условий в период роста сталагмита к более открытым ландшафтам в период формирования флоустуна.

Полученные результаты формируют прочную основу для дальнейших исследований с применением абсолютного датирования (уран-ториевого датирования) и изотопного анализа ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$), направленных на восстановление детальной хронологии и параметров природной среды центра Русской равнины.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ №25-77-00055.

Список литературы

1. *Бортников М.П.* Карст Самарской области. Самара, 2012.
2. *Максимович Г.А.* Основы карстоведения. Пермь, 1963.
3. *Fairchild I., Baker A.* Speleothem science: from process to past environments. UK, 2012.

В.Ю. Украинцев¹, А.В. Чернов^{1, 2}, М.А. Комагорова^{1, 3}

¹*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

³*Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, г. Москва, Россия*

celerymors@gmail.com

СТАДИИ РАЗВИТИЯ ДЕЛЬТЫ РЕКИ МСТЫ (НОВГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В статье рассматривается история формирования дельты реки Мсты, впадающей в озеро Ильмень с восточной стороны (Новгородская область). С помощью методов дистанционного зондирования проведено расчленение дельты на генерации, выделено три стадии ее развития, все они имеют голоценовый возраст. Косвенно характер разновозрастных этапов формирования дельты может указывать и на изменение уровня и конфигурации самого озера Ильмень.

Ключевые слова: дельта, палеогеография, генерации дельты, дельта Мсты, озеро Ильмень

V.Yu. Ukraintcev¹, A.V. Chernov^{1, 2}, M.A. Komagorova^{1, 3}

¹*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

³*Fersman Mineralogical Museum RAS, Moscow, Russia*

celerymors@gmail.com

STAGES OF DEVELOPMENT OF THE MSTA RIVER DELTA (NOVGOROD REGION)

The article considers the history of the formation of the Msta River delta, which flows into Lake Ilmen from the East (Novgorod region). Based on remote sensing data, the delta was divided into several generations, and three main stages of its development were identified, all dating to the Holocene. The age-related characteristics of these stages may indirectly reflect past changes in the level and configuration of Lake Ilmen.

Keywords: delta, paleogeography, delta generation, delta of the Msta River, Lake Ilmen

Мста является крупнейшей рекой, впадающей в озеро Ильмень. Она имеет обширную дельту, в пределах которой обнаруживается большое количество современных протоков и палеорусел – следов дельтовых протоков на более ранних этапах ее развития [1]. Они имеют разную форму и размеры, а также степень выраженности в рельефе и ландшафте. Расчленение дельты Мсты на разновозрастные генерации, формировавшиеся на разных этапах ее развития, дало бы дополнительную информацию об истории развития водных объектов, окружающих озеро Ильмень, а также изменение конфигурации озера во времени. Методика исследования включала в себя обзор данных дистанционного зондирования, а именно космоснимков Bing, ESRI, Yandex и Google, а также цифровой модели высот (ЦМР) FABDEM v. 1.2. Выделение палеорусел различных стадий и областей дельты происходило на основании следов их визуальных размеров (ширины русла, шага и радиуса кривизны древних излучин), цветового фона (указывающего на разную растительность, учитывающих пойменную сукцессию, обводненность и степень заполненности стариц материалом), относительной высоты окружающей местности, степени удалённости от современных протоков и выдвинутости в озеро. В дельту Мсты при этом были включены только те территории, на которых явно видны следы былой речной деятельности.

Хорошая степень выраженности большинства палеорусел, а также перекрытие этой территории ледниковой толщей последнего оледенения вплоть до позднеледникового указывают на то, что они формировались в голоцене. Восточная область дельты Мсты имеет палеорусла наибольших размеров и радиусов кривизны, они далеко выдвинуты в озеро (что

особенно хорошо видно на снимках, фиксирующих меженный уровень реки), при том, что часть палеорусел была явно переработана «морскими» береговыми процессами, на что указывает существование береговых баров, прислонённых со стороны озера к элементам палеорусел, у многих из палеопротоков хорошо выражены гривы, а сама эта область наиболее возвышена. В совокупности с фактом максимального удаления от современных протоков Мсты это указывает на их наибольший возраст. Появление над водой наиболее выдвинутых в озеро палеорусел в межень указывает на то, что они формировались при меньших средних уровнях воды в озере, чем современный. Центральная область дельты Мсты, в отличие от восточной, испещрена палеорусликами малого размера (меньше современных), они меньше выдвинуты в озеро, находятся ближе к современным протокам Мсты и здесь больше локальных междурусловых озёр. Кроме того, на ЦМР видно, что эта область заметно ниже восточной. Тем не менее, она постепенно повышается к восточной её части и даже сливается с ней по высоте, что в совокупности с фактом сохранения здесь отдельных увеличенных в размере палеорусел указывает на то, что она формировалась синхронно с восточной областью дельты, а затем была переработана палеорусликами меньшего размера. Причина уменьшенных размеров палеорусел в этой части дельты может крыться в уменьшенном стоке воды и наносов в середине голоцена [2]. Западная часть дельты, в которой находятся современные протоки Мсты, очевидно, самая молодая. На её активное формирование указывает глубокая выдвинутость протоков в озеро и их необработанность «морской» береговой аккумуляцией, а также обвалованность русел.

Таким образом, дельту реки Мсты можно разделить на три области, характеризующие стадии её руслового развития: древнейшую восточную, центральную с палеорусликами меньшего размера, и современную западную.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда N 25-27-00074, <https://rscf.ru/project/25-27-00074/>

Список литературы

1. Соколов Н.Н. Материалы по исследованию р. Волхов и его бассейна. Вып. VII. Геоморфологический очерк района р. Волхов и оз. Ильмень. Рельеф, наносы, история развития. Л., 1926. 360 с.
2. Panin A., Matlakhova E. Fluvial chronology in the East European Plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications // Catena. 2015. Vol. 130. P. 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.08.016>

В.Ю. Украинцев, А.В. Панин
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
celerymors@gmail.com

ПАЛЕОРУСЛА КАК МАРКЕР КЛИМАТИЧЕСКИ-ОБУСЛОВЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЧНОГО СТОКА В БАССЕЙНЕ Р. ВОЛГИ

В пределах северного полушария на речных поймах встречаются палеорусла крупнее и меньше современных аналогов. Проведены морфометрические измерения больших и малых палеорусел в пределах бассейна Волги и их сравнение с руслами современных рек. Исследование показало, что их пространственное распространение имеет закономерности.

Ключевые слова: макроизлучины, малые палеорусла, Восточно-Европейская равнина

V.Yu. Ukraintsev, A.V. Panin
Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
celerymors@gmail.com

PALEOCHANNELS AS INDICATORS OF CLIMATE-INDUCED CHANGES IN RUNOFF IN THE VOLGA RIVER BASIN

Within the Northern Hemisphere, large and small paleochannels on river floodplains are found. Morphometric measurements of paleochannels within the Volga River basin have been conducted and compared with the channels of modern rivers. The study revealed that their spatial distribution follows certain patterns.

Keywords: macromeanders, small paleochannels, East European Plain

Введение. На поймах рек Северного полушария часто встречаются следы древних русел, представленные старицами и староречьями, гривами, меандровыми цирками и пр., которые называют палеоруслами. Нередко они имеют различные размеры и расположены в разных частях поймы, что указывает на то, что они формировались в разное время. Известны большие позднепленегляциальные и малые голоценовые палеорусла Восточно-Европейской равнины [2]. Параметры палеорусел (их ширина и шаг излучин) связаны с руслоформирующими расходами воды в реках, которые их формировали, и, соответственно, эпохами высокого и низкого речного стока [1]. Для бассейна Волги, являющейся основным поставщиком воды в Каспийское море, динамика береговой линии которого в прошлом была весьма высока, это позволяет соотносить изменения речного стока с трансгрессивно-регрессивными циклами озера.

Методы. Для поиска следов высокого и низкого речного стока в долинах рек бассейна Волги использовали космоснимки Bing, ESRI, Yandex и Google. На участках с наиболее выраженными палеоруслами измерены ширина русел и шаг излучин в нескольких местах как у палеорусел, так и у современной реки. Ширина (W) и шаг (λ) палеорусел связаны между собой, что позволяет взаимно верифицировать измерения и использовать один параметр (приведённую среднюю ширину) вместо двух. Детально методика измерений приведена в работе [1]. Площади водосборных бассейнов на каждом из участков оценивались с помощью цифровой модели рельефа FABDEM v.1.2. Соотношения средней ширины палеорусел (отдельно для больших древних и малых голоценовых) и современных русел усреднялись методом кригинга.

Результаты. В общей сложности было выявлено 123 участка с большими палеоруслами и 131 участок с малыми. Всего было проведено 4365 измерений шага излучин и 4087 измерений ширины древних и современных русел. Следы высокого речного стока

(больших палеорусел) наиболее выражены в южной половине водосбора Волги; наоборот, малые палеоруслa наиболее распространены в северной половине бассейна. В среднем большие палеоруслa крупнее современных в 3 раза; малые палеоруслa меньше современных в ~2 раза. Наибольшее отношение средних ширин больших палеорусел к современным руслам (= наибольшее увеличение максимальных расходов воды во время формирования первых) наблюдается в северо-западной части бассейна Волги и вокруг предгорий Уральских гор, а наибольшее отношение малых к современным (= наименьшее снижение максимальных расходов воды во время формирования малых палеорусел) — в центральной части бассейна Камы. В обоих случаях наименьшие отношения размеров палеорусел к размерам современных русел наблюдаются в южной части бассейна Волги.

Обсуждение результатов и заключение. Составленная карта соотношения ширин древних и современных русел демонстрирует, что общая пространственная структура изменений размеров речных русел соответствует современной конфигурации распределения речного стока, что свидетельствует о стабильности условий формирования речного стока на протяжении времени формирования палеорусел. Также морфометрические зависимости будут использованы для оценки среднемаксимальных расходов воды и среднего годового стока рек бассейна Волги в прошлом.

Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554). Авторы благодарят А.Ю. Сидорчука за помощь в подготовке публикации.

Список литературы

1. Сидорчук А.Ю., Украинцев В.Ю., Панин А.В. Оценка годового стока Волги в позднеледниковье по данным о размерах палеорусел // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 6. С. 643–655. <https://doi.org/10.31857/S0321059621060171>
2. Panin A., Sidorchuk A., Chernov A. Historical background to floodplain morphology: examples from the East European Plain. In: Floodplains: Interdisciplinary Approaches. Marriott, S., Alexander, J. & Hey, R. (eds). London: 1999, Geological Society Special Publications. Vol. 163. P. 217–229. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.163.01.17>

МЛЕКОПИТАЮЩИЕ, РЕПТИЛИИ И АМФИБИИ ИЗ СРЕДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГРОТА ОЛЕНИЙ В ДОЛИНЕ РЕКИ СЕРГИ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

В статье описано местонахождение фауны позвоночных среднего голоцена в долине реки Серги на Среднем Урале – грот Олений. Приводятся новые данные по фауне млекопитающих среднего голоцена в изучаемом районе. Изучено и определено 223 костных остатка от 17 видов грызунов и насекомоядных, 45 остатков крупных млекопитающих 9 видов и 2 родов. Показано преобладание в фауне млекопитающих лесных, луговых и околородных видов, а также присутствие видов, характерных для позднелайстоценовой фауны. Впервые описана фауна рептилий и амфибий среднего голоцена. Определено до вида 418 костных остатков. Из них 5 видов амфибий и 4 вида рептилий. Все они характерны для современной герпетофауны.

Ключевые слова: Средний голоцен, млекопитающие, рептилии, амфибии, грот Олений, Средний Урал

A.I. Ulitko, N.G. Smirnov, E.P. Izvarin, M.S. Tarasova
Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia
aulitko@list.ru, ulitko@ipae.uran.ru

MAMMALS, REPTILES, AND AMPHIBIANS OF THE MIDDLE HOLOCENE DEPOSITS FROM THE OLENI GROTTO IN THE SERGA RIVER VALLEY (MIDDLE URALS)

The article describes the location of the middle Holocene vertebrate fauna of the Serga River valley in the Middle Urals - the Oleniy grotto. New data about the fauna of mammals of the Middle Holocene in the studied area are provided. 223 bone remains from 17 species of rodents and insectivores, 45 remains of large mammals of 9 species and 2 genera were studied and determined. The predominance of forest, meadow and near-water species in the fauna of mammals is shown, as well as the presence of species characteristic of the late Pleistocene fauna. The fauna of reptiles and amphibians of the Middle Holocene was first described. Determined to species 418 bone remains. Of these, 5 species of amphibians and 4 species of reptiles. All of them are typical to the modern herpetofauna.

Keywords: Middle Holocene, mammals, reptiles, amphibians, Oleny grotto, Middle Urals

В долине реки Серги на Среднем Урале в настоящее время изучено около 20 местонахождений позвоночных животных с отложениями разного возраста – от максимума полярноуральского времени до позднего голоцена. Среди них только 3 местонахождения имеют отложения среднегоголоценового возраста, подтвержденного радиоуглеродными датировками. Одним из них является грот Олений.

Грот находится на левом берегу реки Серги в 4 км от д. Половинка Нижнесергинского района Свердловской области. Он располагается в южной части скалы, сложенной девонскими известняками, на высоте 8 м над уровнем реки. Входное отверстие шириной 1,5 м и высотой 3 м ориентировано на юго-запад. Длина грота около 5 м. Развитие полости грота в скале проходило по вертикальной трещине бокового отпора. Один из выходов этой трещины оформился в виде небольшой пещеры в западной части этой же скалы на 5 м ниже грота Олений. Дном передней части грота Олений служит глыбовый завал этой трещины, образовавшийся, по всей вероятности, на рубеже плейстоцена и голоцена, и перекрывший ход, соединяющий обе полости. Такие же близкие по возрасту мощные глыбовые завалы наблюдаются в отложениях расположенных поблизости пещер. Значительную площадь пола внутри грота занимают известняковые плиты, лежащие на разном уровне и частично

перекрытые рыхлыми отложениями, представляющие собой темно-серую, сильно гумусированную супесь, насыщенную мелким и средним известняковым не окатанным щебнем. На поверхности пола найдены костные остатки мелких млекопитающих и зайца-беляка. Первые исследования грота проводились в 1991 году полевым отрядом ИЭРИЖ УрО РАН под руководством Н. Г. Смирнова (Смирнов, 1993) [4]. С 2004 года исследования в этом гроте были продолжены. В настоящее время площадь отложений грота вскрыта на площади 5,5 кв. м на глубину до 2 м. В стратиграфическом разрезе основная часть отложений представлена серо-коричневой (слои 2 и 2а) и коричневой (слои 3 и 4) рыхловатой супесью с включением большого количества мелкого и среднего известнякового щебня. Границы между слоями не четкие, расплывчатые. Отложения снимались условными горизонтами по 5-10 см.

В отложениях найдено большое количество остатков позвоночных животных. Среди них встречено множество костных фрагментов и чешуи рыб (23% от общего количества остатков) и костей рептилий и амфибий (1,7%). Количество остатков мелких млекопитающих составляет 74,3%. Костные остатки млекопитающих представлены главным образом грызунами. Присутствуют также остатки рукокрылых, насекомоядных, зайцеобразных, хищных и единичные кости копытных. Доля остатков крупных млекопитающих составляет менее процента. Количество костей птиц в отложениях незначительно (2%). Для сравнения состава тафоценоза были взяты данные по местонахождениям грот Филин и пещера Дыроватый Камень на реке Серге, расположенным также в долине реки Серги. Тафоценоз грота Филин отражает современный этап развития фауны и формировался только за счет гнездования филина - погадочный материал. В его составе было 80,4% остатков мелких млекопитающих, 19,4% остатков птиц, единичные остатки крупных млекопитающих (заяц-беляк, горностай) и рыб. Остатки земноводных отсутствовали. Тафоценоз отложений пещеры Дыроватый Камень на реке Серге имел смешанный генезис. В его формировании участвовали человек, а также пернатые и четвероногие хищники. Степень участия разных агентов накопления остатков в разных слоях отличается. Так доля количества остатков крупных млекопитающих в слое 2 (средний голоцен) составила 11%, а в слое 3 (ранний голоцен) – 2,4 %. Доли остатков мелких млекопитающих во втором и третьем слоях соответственно 81,5% и 89,9%. Доли остатков птиц – 2% во втором слое и 6% в третьем. Остатки рыб в слое 2 имеют долю 5%, а в слое 3 - 1,6%. Доля остатков земноводных во втором слое 0,5%, а в третьем встречены единичные экземпляры. Таким образом, в накоплении костных остатков кроме участия человека и крупных хищников, в слое 2 заметно больше влияния средних четвероногих хищников, а в слое 3 наоборот, наибольшее влияние оказала гнездовая деятельность пернатых хищников, вероятнее всего филина. В отложениях слоя 3 местами тафоценоз представлял собой погадочный материал (Смирнов, 1993, Улитко, 2003) [4; 5]. Тафоценоз грота Олений по составу близок к тафоценозу слоя 2. Оба местонахождения имеют среднелейстоценовый возраст.

Характер тафоценоза, а также присутствие значительного количества костей выдры, в том числе и ювенильных особей, позволяют предположить, что грот использовался выдрами в качестве логова и в отложениях находятся в основном их пищевые остатки. По фракции костных остатков позвоночных были получены радиоуглеродные даты. Слой 2–4840±109 лет (ИЭРИЖ-180), слой 2а – 5440±117 лет (ИЭРИЖ-181), слой 4–5122±92 лет (ИЭРИЖ-182) (Смирнов, 1993) [4]. Датировки указывают на формирование всей пачки отложений за относительно короткий период во второй половине среднего голоцена.

Фауна мелких млекопитающих из отложений грота была описана Н. Г. Смирновым (Смирнов, 1993) [4]. Из слоев среднелейстоценового возраста по более чем 4800 коренным зубам определено 16 видов грызунов и один вид зайцеобразных – степная пищуха. Основу ее составляли луговые и лесные виды с долей остатков 54% и 44% соответственно. Единичные доли процентов составляют степные и тундровые виды (Смирнов, 1993). Близкие фауны мелких млекопитающих описаны из горизонтов 8 и 10 отложений пещеры Дыроватый

Камень на реке Серге. В фауне горизонта 8, которая представлена двенадцатью видами, более 50% остатков принадлежит лесным видам. Фауна горизонта 10 представлена 15 видами. Доля остатков лесных видов 47%, луговых 22%, а степных 30% из-за большей доли плейстоценовых реликтовых видов, а также количества самих реликтов. Среди лесных видов доля таежных меньше по сравнению с 8 горизонтом. Доля темной полевки больше, что указывает на большее распространение широколиственных лесов. В слое 2а обнаружены остатки белозубки *Crocidura* sp. (Смирнов, 1993) [4].

В фауне крупных млекопитающих из среднеголоценовых отложений грота определено 45 костных остатка крупных млекопитающих от не менее 21 особи. Фауна представлена восемью видами и двумя родами. Часть остатков куниц и мелких кунных из-за большой фрагментарности, либо отсутствия на фрагментах костей морфологических признаков, определить до вида пока не представляется возможным. Костные остатки крупных млекопитающих из слоев среднеголоценового возраста по сохранности и окраске не различаются. Наибольшее количество костных остатков принадлежит *Lepus timidus* (14 ед. от 4 особей) и *Lutra lutra*. (11 ед. от 4 особей). Также в фауне крупных млекопитающих присутствуют *Castor fiber* (5 остатков от 2 особей, *Mustela nivalis*, *Martes* sp., *Mustela* sp. Единичные остатки принадлежат *Mustela erminea*, *Vulpes vulpes*, *Ursus arctos* и *Rangifer tarandus*. Все перечисленные виды, кроме северного оленя, обитают на изучаемой территории в настоящее время. Северный олень встречался на этой территории в позднем плейстоцене и в течение всего голоцена, о чем свидетельствуют материалы из местонахождений, расположенных поблизости от грота (Улитко, 2003, Улитко, Кузьмина, Кропачева., 2010) [5; 6].

Для дополнительных исследований состава фауны позвоночных был взят элементарный образец на границе 2 и 3 слоев, полученный из раскопок 2016 года. Отсюда определены 223 костных остатка мелких млекопитающих, среди которых обнаружены фрагменты черепов, нижние челюсти и изолированные зубы 17 видов насекомоядных и грызунов.

Среди костных остатков мелких млекопитающих определено 27 остатков от 12 особей насекомоядных. Насекомоядные представлены четырьмя видами и одним родом: *Talpa europaea*, *Neomys fodiens*, *Sorex araneus*, *Sorex caecutiens* и *Sorex* sp. Все эти виды отмечены в современной фауне Среднего Урала (Большаков и др., 2006) [1]. Преобладают остатки куторы и обыкновенной бурозубки. Если обыкновенная бурозубка и в современной фауне доминирует, то большое количество костей околотовидного вида – куторы – может быть связано с тем, что хищником, в результате деятельности которого накопились остатки мелких млекопитающих, являлась выдра. В целом фауна насекомоядных представлена преимущественно лесными (крот, обыкновенная бурозубка), околотовидными (кутора) и эвритопными видами (средняя бурозубка), что также соответствует современной фауне региона.

Среди грызунов преобладают остатки лесных (*Apodemus uralensis*, *Craseomys rufocanus*, *Clethrionomys glareolus*, *Cl. rutilus*, *Microtus agrestis*), луговых (*Cricetus cricetus*, *Microtus arvalis* s.l.) и околотовидных видов (*Arvicola amphibius*, *Alexandromys oeconomicus*), что характерно для среднеголоценовой фауны Среднего Урала (Смирнов, 1993) [4]. Преобладание этих групп видов также отмечено и в современной фауне региона (Большаков и др., 2006) [1]. Однако в отличие от современной в фауне среднего голоцена также отмечены виды типичные для позднплейстоценовой фауны (*Dicrostonyx torquatus*, *Lemmus sibiricus*, *Lagurus lagurus* и *Stenocranius gregalis*), остатки которых были нами и ранее Н.Г. Смирновым (1993) [4] обнаружены в отложениях грота Олений.

Схожие данные были получены при исследовании костных остатков мелких млекопитающих из слоя 3 отложений навеса Светлый, расположенного также в долине р. Серга, в 4 км ниже по течению от грота Олений, рядом с пещерой Дыроватый Камень. Этот слой представляет собой погребенную почву среднеголоценового возраста. Здесь преобладали остатки мелких млекопитающих, в основном грызунов, над остальными

группами позвоночных (амфибии, рептилии, птицы), накопленные четвероногим хищником, вероятно, лисой, кости которой также были обнаружены в этом слое. По количеству остатков преобладали лесные, околородные и луговые виды. Также присутствовали виды, типичные для фауны позднего плейстоцена и раннего голоцена (Изварин, 2017; Korkina et al., 2016) [3; 7].

Костные остатки амфибий и рептилий многочисленны. Определено 418 костных остатков от 5 видов амфибий и 4 видов рептилий. Значительная часть из них повреждена или раздроблена, что может указывать на попадание их в отложения в результате хищнической деятельности млекопитающих. Амфибии в изученном образце представлены следующими видами: *Salamandrella keyserlingii*, *Lissotriton vulgaris*, *Bufo bufo*, *Rana arvalis*, *Rana temporaria*. Из рептилий встречены: *Anguis colchica*, *Zootoca vivipara*, *Natrix natrix*, *Vipera berus*. По составу герпетофауны из Оленьего грота можно предполагать, что в среднем голоцене в окрестностях местонахождения существовали лесные биотопы. Амфибии и рептилии представлены видами, характерными для современной герпетофауны Среднего Урала (Вершинин, 2007) [2].

Таким образом, в долине Серги во второй половине среднего голоцена в фауне позвоночных доминировали виды лесных биотопов при широком присутствии луговых и околородных видов. При этом небольшую долю имели виды, еще сохранившиеся с позднего плейстоцена и раннего голоцена.

Работа выполнена в рамках темы № 122021000095-0 государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН.

Список литературы

1. Большаков В.Н., Бердюгин К.И., Кузнецова И.А. Млекопитающие Среднего Урала. Екатеринбург: Сократ, 2006. 224 с.
2. Вершинин В.Л. Амфибии и рептилии Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2007
3. Изварин Е.П. Формирование фауны мелких растительноядных млекопитающих западного склона Среднего Урала в позднем плейстоцене и голоцене: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2017. 20 с.
4. Смирнов Н.Г. Мелкие млекопитающие Среднего Урала в позднем плейстоцене и голоцене. Екатеринбург: Наука, 1993. 64 с.
5. Улитко А.И. Локальные фауны крупных млекопитающих из отложений пещеры Дыроватый Камень на реке Серга (Средний Урал) // Четвертичная палеозоология на Урале: Сб. научных трудов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. С. 185–192.
6. Улитко А.И., Кузьмина Е.А., Кропачева Ю.Э. Половинка I – новое местонахождение голоценовой и позднеплейстоценовой фауны млекопитающих на Среднем Урале // Динамика экосистем в голоцене: Материалы второй российской научной конференции / под ред. Чл.-корр. РАН Н.Г. Смирнова. Екатеринбург: Изд-во «Рифей», 2010. С. 203–207.
7. Korkina I., Smirnov N., Izvarin E., Ulitko A. Deposits of the rock shelter Svetly (the Middle Urals): Comparison of paleosol and paleotheriological data and paleoenvironmental reconstructions based on them // Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.081>

Ю.А. Федоров, А.В. Михайленко, И.В. Доценко
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
fedorov@sfedu.ru

ВЫДЕЛЕНИЕ СЛОЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ГОЛОЦЕНА

С использованием данных по удельной активности искусственных изотопов (^{137}Cs , ^{241}Am) и валового содержания ртути в донных отложениях морских и озерных экосистем установлены параметры залегания «слоя антропогенного воздействия» и его подошвы, отделяющей границу антропоцена от голоцена. Практическое значение состоит в обосновании использования комплекса химических и изотопных критериев для определения времени начала загрязнения водных экосистем и его хронологии. Знание мощности «слоя антропогенного воздействия» позволит при расчистке рек и озер обосновать глубину рационального изъятия загрязненного слоя донных отложений.

Ключевые слова: донные отложения, ^{137}Cs , ^{241}Am , ртуть

Yu.A. Fedorov, A.V. Mikhailenko, I.V. Dotsenko
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
fedorov@sfedu.ru

DETERMINATION OF THE ANTHROPOGENIC IMPACT LAYER IN HOLOCENE BOTTOM SEDIMENTS

Using data on the specific activity of artificial isotopes (^{137}Cs , ^{241}Am) and the total mercury content in the sediments of marine and lake ecosystems, the parameters of the occurrence of the "anthropogenic impact layer" and its base separating the boundary of the Anthropocene from the Holocene were established. The practical significance lies in the justification of the use of a set of chemical and isotopic criteria to determine the time of the beginning of pollution of aquatic ecosystems and its chronology. Knowing the power of the "anthropogenic impact layer" will make it possible to justify the depth of rational removal of the contaminated sediment layer when clearing rivers and lakes.

Keywords: bottom sediments, ^{137}Cs , ^{241}Am , mercury

Считается, что возраст голоцена составляет порядка 11 тысяч лет. Из них в течение последних нескольких столетий сформировался тонкий слой донных осадков, образовавшийся под влиянием антропогенной деятельности [7]. Человек занимался преобразованием лика планеты: добывал полезные ископаемые, строил города, промышленные и селитебные объекты, дороги, перемещал триллионы тонн породы и почв, что отражалось в проявлении техногенной сейсмоактивности, других катастрофических процессов. В результате в донных отложениях формировался слой осадков, содержащих следы деятельности людей. До начала промышленной революции, начавшейся в середине XVIII века [7], в атмосферу и гидросферу поступали в основном продукты деятельности человека, в которых было относительно мало веществ искусственного происхождения. Другое важное событие произошло, когда люди стали использовать атомную энергию для производства и испытания атомного оружия и в энергетике. В результате появились вещества искусственного происхождения – радионуклиды. Ученые в лице [6; 14] и др. стали использовать такие радионуклиды как ^{137}Cs , ^{241}Am для изучения хронологии осадконакопления. Возник вопрос о выделении в голоценовых отложениях слоя, подвергшегося механическому воздействию и /или загрязнению продуктами техногенеза [2; 6; 8]. В связи с возросшей ролью человека в преобразовании природной среды появился новый термин «антропоцен», который активно стал использоваться с 2000 гг [10]. В 2009 году была создана одноименная рабочая группа в рамках международной комиссии

по стратиграфии. В 2016 году на Геологическом конгрессе в Кейптауне признали наступление антропоцена – новой геологической эпохи, связанной с деятельностью человека [8]. При этом окончание эпохи голоцена было предложено связать с началом ядерных испытаний.

Выполненные нами обширные исследования на реках и озерах, акваториях морских и пресноводных водоемов бассейнов Атлантического и Северного Ледовитого океана позволили обосновать применение комплексного метода, основанного на результатах определения техногенных изотопов (^{137}Cs , ^{241}Am), содержания ртути, свинца и нефтепродуктов для выявления в современных донных отложениях «слоя антропогенного воздействия» и границы между эпохами антропоцена и голоцена [12; 13]. Так в акватории Азовского моря, нами было определено снижение удельной активности ^{137}Cs , содержания тяжелых металлов и основной массы нефтяных компонентов по разрезу донных осадков. Применение комплексного подхода позволило доказать, что в 50 - 60-х годах прошлого столетия в Азовском море и водных объектах его бассейна в донных отложениях начал формироваться «слой антропогенного воздействия» мощностью от 20 до 50 см. В отдельных районах, где отмечаются высокие скорости осадконакопления его мощность, установленная по величине удельной активности ^{241}Am , может превышать 50 см.

Объектами данного исследования являются озера Ростовской области, Краснодарского и Ставропольского края – Пеленкино, Абрау и Малый лиман, Тамбукан. Для выявления хронологии образования «слоя антропогенного воздействия», его мощности и границ залегания нами использованы результаты послойного определения удельной активности техногенных изотопов ^{137}Cs , ^{241}Am с помощью гамма-спектрометрического метода, а также содержания ртути в колонках их донных отложений атомно-абсорбционным методом «холодного пара».

В оз. Пеленкино Ростовской области концентрации ртути варьировали от 0,033 до 0,057 (в среднем 0,045) мкг/г с.в. При этом самое высокое содержание отмечается в слое донных отложений 15 см. Учитывая скорость осадконакопления равную 8,0 мм/год [5], это соответствует восьмидесятым годам XX века – пику расцвета антропогенной деятельности. Распределение металла по разрезу «лечебных» грязей озера указывает на то, что слой «антропогенного воздействия» располагается здесь до глубины 25 см. Высказано предположение [4], что смещение максимума концентраций по глубине может быть обусловлено развитым здесь неорганизованным грязелечением, это приводит к разрушению и взмучиванию вышележащих слоев донных осадков, как следствие возрастает их скважность. Это может способствовать проникновению ртути в более глубокие слои донных отложений.

В озере Абрау содержание валовой ртути варьировало от 0,051 до 0,129 (в среднем 0,078) мкг/г, при этом максимальные концентрации были приурочены к слою донных отложений до 25 см. В оз. Малый Лиман концентрации изменялись от 0,041 до 0,19 (в среднем 0,085) мкг/г с.в., а максимум отмечен на глубине до 30 см [3]. Таким образом, повышенное содержание этого тяжелого металла в отложениях озер относится к слою «антропогенного воздействия», выделенного нами по распределению удельной активности ^{137}Cs [11]. В 30-см слое донных отложений оз. Абрау обнаружены проявления удельной активности ^{137}Cs , на фоне которых выделяются два четких пика. Ниже основания этого слоя удельная активность не фиксируется. В оз. Малый Лиман удельная активность ^{137}Cs прослеживается до глубин 20–25 см, после чего она не обнаружена. Первый пик имеет черномыльское происхождение 1986 г., второй связан с глобальными атмосферными выпадениями в результате испытания ядерного оружия в конце 50-х – начала 60-х годов XX века. Скорости осадконакопления по черномыльскому пику для оз. Малый Лиман составляют в среднем 3,5 мм/год, для оз. Абрау – в среднем 4 мм/год. По второму (глобальному) пику они для обоих озер одинаковы и соответственно равны в среднем 3,7 мм/год. С использованием данных по распределению ^{137}Cs по разрезу донных отложений произведена их датировка, что дало возможность определить хронологию загрязнения озер и определить

нижнюю границу «слоя антропогенного воздействия», которая проходит на глубине 20-30 см [12; 13]. Таким образом, мощность данного слоя и его граница, выделенная с использованием двух методов, совпали.

Применение радиоизотопных методов позволило для оз. Большой Тамбукан определить мощность слоя донных отложений, сформировавшегося в период интенсивного использования озера [12; 13]. Эта величина колеблется в диапазоне 20–30 см. Расположение подошвы «слоя антропогенного воздействия» по данным содержания валовой ртути также совпало. Выделение данного слоя позволило провести границу между эпохой голоцена и антропоцена для оз. Большой Тамбукан на глубине 30 см. Рекомендовано не использовать грязи из этого горизонта в терапевтических целях и особенно при проведении ректальных процедур.

На основании данного исследования предложено рассматривать комплекс приоритетных показателей (техногенные радионуклиды и ртуть) как свидетельство наступления эпохи антропоцена, границей которого с эпохой голоцена следует считать подошву «слоя антропогенного воздействия». В теоретическом отношении выявление границы между эпохой антропоцена и голоцена даст возможность установить параметры «слоя антропогенного воздействия» и обосновать использование концентрации веществ в нижележащем слое незатронутом деятельностью человека в качестве «фоновых» значений. Это позволит производить расчеты доли веществ техногенного генезиса в составе природно-антропогенных в донных ландшафтах, основанные на выявлении мощности и границы «слоя антропогенного воздействия». Прикладной аспект состоит в обосновании использования комплекса химических и изотопных критериев определения времени начала загрязнения водных экосистем и его хронологии. Знание мощности «слоя антропогенного воздействия» позволит при расчистке морей и озер обосновать глубину рационального изъятия загрязненного слоя донных отложений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24–17-00038, <https://rscf.ru/project/24-17-00038/> в Южном федеральном университете.

Список литературы

1. Дворникова М.Г., Чащина П.В. Динамика экосистем Северо-востока Волжского бассейна в голоцене // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1. С. 21.
2. Опекунов А.Ю. Аквальный техноседиментогенез. СПб.: Наука, 2005. 280 с.
3. Федоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Доценко И.В., Попов Ю.В., Доценко Н.В., Михайленко А.В. Метано- и сульфидогенез в озерах полуострова Абрау (Краснодарский край) // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2024. № 3. С.117–130.
4. Федоров Ю.А., Зимовец А.А., Доценко И.В., Гарькуша Д.Н., Михайленко А.В., Доценко Н.В. Эколого-географическая характеристика озера Пелёнкино (Ростовская область) по материалам ретроспективных и современных исследований // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2024. № 4–2. С. 113–126.
5. Федоров Ю.А., Кузнецов А.Н., Давыдов А.Г., Трофимов М.Е., Ленец Е.Н. Цезий -137 в воде и донных отложениях (по результатам экспедиции «Азовское море-2006») // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Спецвыпуск. Науки о Земле. 2007. С. 26–31.
6. Федоров Ю.А., Кузнецов А.Н., Трофимов М.Е. Скорость осадконакопления в Азовском море по результатам определения активности ^{137}Cs и ^{241}Am // Доклады Академии Наук. 2008. Т. 423. № 2. С.262–263.

7. Федоров Ю.А., Овсепян А.Э., Савицкий В.А., Лисицын А.П., Шевченко В.П., Новигатский А.Н. Ртуть в донных осадках Белого моря: Распределение, источники и хронология захоронения // *Океанология*. 2019. Т. 59. № 1. С.153–162.
8. Хрусталеv Ю.П. Основные проблемы геохимии седиментогенеза в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. 247 с.
9. Шешнев А.С. Что такое «антропоцен»? // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле*. Т. 17. № 3. 2017. С. 200–206.
10. Crutzen P., Stoermer E. The Anthropocene // *IGBP Newsletter*. 2000. Vol. 41. P. 17–18.
11. Fedorov Yu., Mikhailenko A., Dotsenko I., Kovalev E., Chepurnaya V., Dotsenko N., Gavrilova I., Bellinger O. Granulometric, elemental and isotopic composition of bottom sediments of lakes of mountainous areas as a reflection of transformations in their watersheds // *E3S Web Conf*. 2023. Vol. 407. P. 02009.
12. Fedorov Y., Kuznetsov A., Dotsenko I., Mikhailenko A. Artificial radionuclides, mercury, lead, and oil components in sediment cores as markers of the Anthropocene Epoch // *EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-14484*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-14484>
13. Fedorov Yu., Kuznetsov A., Dotsenko I., Mikhailenko A. Contemporary sediments of water ecosystems as indicators of the Anthropocene // 4th International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers, 3–6 August 2021, Moscow, Russia. P.271
14. Pennington W., Cambray R., Fisher E. Observations on Lake Sediments using Fallout ¹³⁷Cs as a Tracer // *Nature*. 1973. Vol. 242. P. 324–326.

Л.В. Филимонова, С.А. Кутенков
Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия
filimonovaluda@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ГОЛОЦЕНОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОСТРОВА БОЛЬШОЙ АЙНОВ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ), ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПОДНЯТИЕМ СУШИ И ВЛИЯНИЕМ МОРСКИХ ПТИЦ

В статье рассматривается развитие растительности на острове Большой Айнов со времени его образования 5000 кал. л.н. до современности. Указаны факторы, определяющие формирование растительного покрова. Особо обсуждается влияние поднятия суши и морских птиц.

Ключевые слова: вороничный торфяник, макроостатки, палиноспектры, палеорастительность

L.V. Filimonova, S.A. Kutenkov
Institute of Biology of the Karelian Research Centre of RAS, Petrozavodsk, Russia
filimonovaluda@mail.ru

FEATURES OF HOLOCENE VEGETATION DYNAMICS BOLSHOY ON AINOV ISLAND (BARENTS SEA) CAUSED BY LAND UPLIFT AND SEABIRDS INFLUENCE

Vegetation development on Bolshoy Ainov Island from its formation 5000 cal yr BP to the present is examined. Factors determining vegetation cover formation are indicated. The influence of land uplift and seabirds is specifically discussed.

Keywords: crowberry peatland, macroremains, palynospectra, palaeovegetation

Обильное развитие разнообразной растительности, наличие обширных покровных торфяников и обитание большого количества морских птиц отличают Айновы острова от большинства других арктических островов и ближайших материковых территорий, делая их привлекательным объектом для палеоэкологических реконструкций. Произошедшее здесь в последнее столетие значительное уменьшение численности колоний тупиков, повлекшее изменения в растительном покрове, придает исследованиям особую актуальность. Большая часть островов в настоящее время покрыта вороничными, морошковыми и папоротниковыми тундроподобными сообществами. В прибрежной части развиты приморские луга, во влажных впадинах – ивняки и болота преимущественно низинного типа. Характерны также деренные ценозы, крупнотравная и орнитогенная растительность.

Палеогеографические и палеоэкологические исследования на Айновых островах проведены впервые. С целью воссоздания истории развития растительного покрова и формирования сухих торфяников на острове Большой Айнов (2.07 км²) через его центральное плато был проложен стратиграфический профиль длиной 700 м, проведена нивелировка поверхности и зондирование торфяной залежи со средним шагом 5 м. Отобраны 13 торфяных разрезов и скважин с кратким полевым описанием и последующим определением ботанического состава и степени разложения торфа. В местах их закладки, а также по всей территории острова сделаны описания видового состава представленных здесь растительных сообществ. Наиболее глубокий разрез торфяных отложений из шурфа, заложенного в вороничнике на верхнем плато острова (69.838558°N, 31.562974°E), был исследован также палинологически. Для него были получены три радиоуглеродные датировки, две из которых оказались рабочими и были использованы при расчете возраста слоев и скорости накопления торфа, а также при реконструкции истории формирования растительных сообществ. Полученные результаты и реконструкции опубликованы [1], в кратком виде приведены в данной статье и докладе.

Отложения опорного разреза до глубины 132 см представлены сплошным слоем сухого торфа. Под ним лежат окатанные валуны диаметром 10–20 см, в полостях между которыми до глубины 145 см встречаются вкрапления торфа. Визуально в залежи выделяются два слоя торфа: придонный (на глубине 100–132 см, а также в полостях между камней) рыхлый, гомогенно-зернистый, черного цвета и перекрывающий его более связанный слой коричневого кустарничкового торфа. Верхние 20 см последнего слабо разложены, состоят из стволов кустарничков с опадом между ними. На глубине 50–70 см наблюдается много живых корней кустарничков.

Данные определения ботанического состава и степени разложения (R) торфа представлены на рисунке 1. Изменение соотношения основных торфообразователей позволило уточнить стратиграфию и выделить четыре слоя торфа, соответствующих стадиям развития растительности в месте отбора [1]. Согласно расчетам, отложение базального слоя кустарничково-травяного торфа с глубины 120–132 см, лежащего на камнях (рис. 1: стадия 1), произошло 3940–3360 кал. л.н.

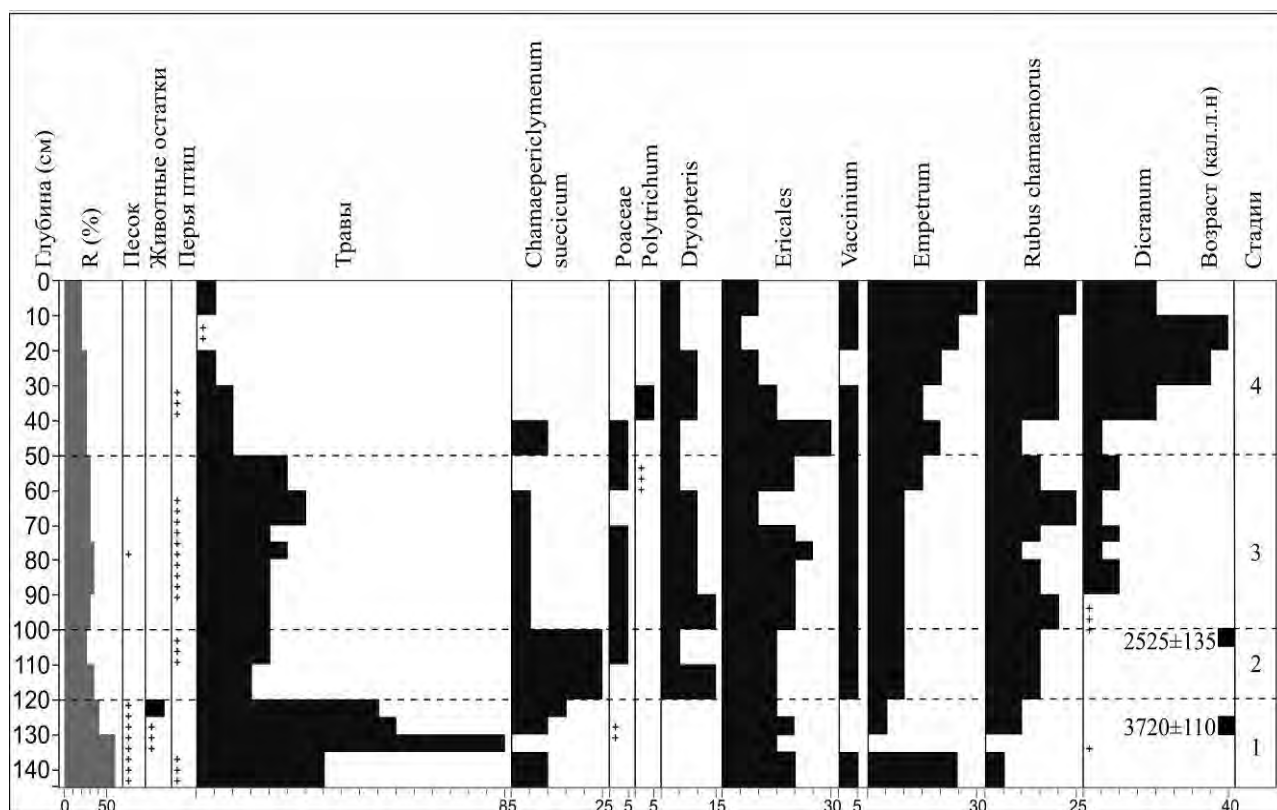


Рис. 1. Диаграмма ботанического состава и степени разложения торфа из разреза с верхнего плато острова Большой Айнов

Спорово-пыльцевая диаграмма (СПД) с острова Большой Айнов тундрового типа. Для нее характерно низкое содержание пыльцы деревьев и кустарников (6–13%) на фоне преобладания пыльцы кустарничков, трав или спор Polypodiaceae (рис. 2). Полученные результаты палеоботанических и радиоуглеродных исследований, а также проведенное сопоставление их с литературными данными из тундровой зоны Кольского п-ова и арктических островов свидетельствуют о том, что на острове Большой Айнов с суббореала до современности лесная растительность отсутствовала, а широкое распространение имели луговые и тундровые сообщества. Участие в их составе видов с высокой пыльцевой и споровой продуктивностью значительно снизило долю заносной пыльцы древесных растений в палиноспектрах. Содержание ее небольшое и не изменяется на протяжении разреза, а, следовательно, не влияет на ход кривых локальной пыльцы в СПД. В результате полученная СПД (рис. 2) объективно отражает динамику растительности на самом острове.

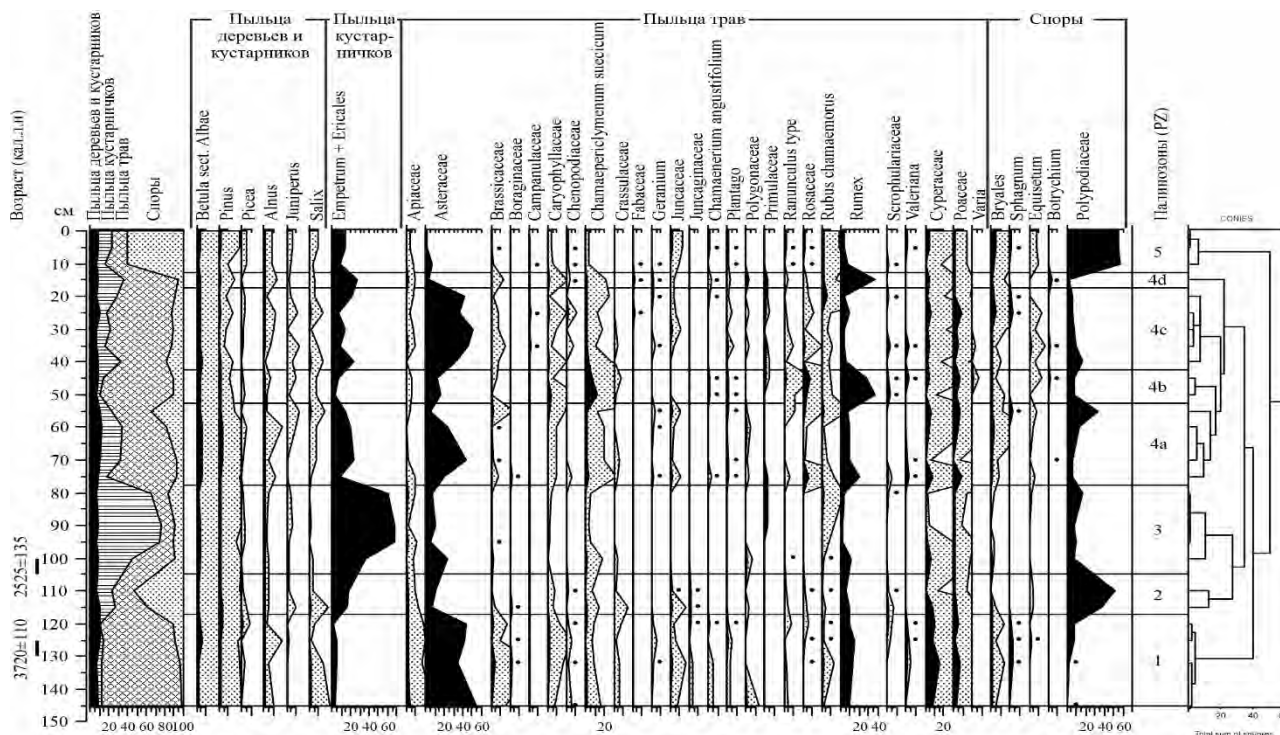


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма торфяного разреза с верхнего плато острова Большой Айнов. За 100% принята сумма пыльцы и спор в палиноспектре. Залитые черным цветом фигуры – их процентное содержание. При низких значениях серым цветом показано его 10-кратное увеличение, если оно было меньше 0.5% – поставлены точки

Развитие растительности на острове Большой Айнов определяется северным положением территории, открытостью ее ветрам, приливно-отливной деятельностью моря, влиянием теплого течения, смягчающего климат. Особое значение имеет то, что формирование сообществ происходит по мере подъема острова, обусловленного гляциоизостатическим поднятием всей территории. Появление острова Большой Айнов над водной поверхностью произошло примерно 5000 кал. л.н. [1]. По мере его дальнейшего подъема и, как следствие, уменьшения воздействия морской воды на растения, а также снижения степени засоленности грунтов при удалении от моря на острове постепенно формируются приморские луга трех уровней: с доминированием облигатных галофитов, факультативных галофитов и гликофитной растительности с присутствием галофитов. В их верхней части, в «пограничных» сообществах, которые наряду с травами включали кустарнички, морошку и дёрн, не позднее 3940 кал. л.н начал откладываться торф (рис. 1).

Примерно 3100 кал.л.н. полоса приморских лугов с орнитогенной растительностью переместилась с верхнего плато острова, следуя за отступающим морем, а на ее месте начал формироваться вороничник и накапливаться травяно-кустарничковый (рис. 1: стадия 1), а затем кустарничковый торф (рис. 1: стадии 2–4). В субатлантическом периоде происходит разрастание вороничника. Преобладание пыльцы *Ericales*, главным образом *Empetrum* (рис. 2: PZ-3), зафиксировано в интервале 2460–1800 кал. л.н. Кустарнички становятся основными торфообразователями. Вместе с *Chamaepericlymenum suecicum* и *Rubus chamaemorus* они сформировали тундроподобные сообщества с участием *Dicranum* (рис. 1). В настоящее время остров Большой Айнов, за исключением береговой зоны, полностью покрыт слоем торфа, глубина которого на верхнем плато достигает 120–132 см. Средний вертикальный его прирост составляет 0.34 мм/год.

Значительное влияние на формирование растительного покрова острова с начала его образования и до настоящего времени оказывали морские птицы. Они участвуют в заселении острова новыми видами растений, влияют на формирование микрорельефа и почвообразование. Поступление в почву продуктов их жизнедеятельности обогащает ее азотом, фосфором и другими элементами. Это способствует более мощному развитию

травянистой растительности и эвтрофикации почвы, что создает условия для произрастания некоторых литоральных видов растений выше уровня прилива, распространению нитрофилов и рудеральных видов. Они, а также растения, способные выносить механическое воздействие птиц, согласно геоботаническим данным, нашли на острове широкое распространение.

Установлено, что перья птиц встречаются практически по всей толще торфяной залежи, а также в полостях между камней. В придонном слое торфа отмечены также животные остатки, связанные с деятельностью птиц (рис. 1). Это свидетельствует о том, что птичьи колонии существуют здесь уже не менее 3940 календарных лет. Все это время они оказывают значительное влияние на растительность, что нашло отражение в полученной СПД и, прежде всего, в необычайно высоком содержании пыльцы трав, особенно *Asteraceae* и *Rumex* (рис. 2). Этим СПД Большой Айнов существенно отличается от СПД торфяников, развивавшихся в близких географических условиях, но без орнитогенного воздействия. В настоящее время орнитогенная растительность представлена по периферии острова среди приморских лугов, а дальше от берега встречается в местах скопления птиц.

Резкую смену доминирования кустарничков на травы в СПД Большой Айнов со времени 1800 кал. л.н. (рис. 2: PZ-4) можно объяснить развитием на острове крупной колонии тупиков, чему способствовало формирование к этому времени обширного сухого и достаточно глубокого торфяника, в котором они делали жилища. Численность птиц испытывала колебания, что нашло отражение в чередовании максимумов пыльцы *Asteraceae* и *Rumex*, а также некоторых других таксонов трав (рис. 2). Сменяющееся их преобладание свидетельствует о возрастании и уменьшении орнитогенного влияния на экосистемы острова, то есть о динамике птичьих популяций. Увеличение содержания пыльцы *Empetrum* с одновременным снижением доли пыльцы *Asteraceae* в палиноспектрах, сформировавшихся в последние 100–200 лет, отражает современное уменьшение численности тупиков, зарастание покинутых колоний и восстановление вороничников [1].

Папоротник *Dryopteris expansa*, первоначально встречавшийся на приморских лугах высокого уровня, в дальнейшем, при развитии вороничных торфяников, распространился и на них. Увеличение доли спор *Polypodiaceae* 3100–2460 кал. л.н. (рис 2: PZ-2) и последующий их существенный вклад в СПД обусловлены поселением папоротника в месте отбора разреза, что подтверждается присутствием его макроостатков с этого времени на протяжении всего разреза (рис. 1). Резкое увеличение количества его спор в верхнем (10 см) слое торфа (рис. 2: PZ-5) отражает значительное распространение *Dryopteris expansa* близ места отбора разреза и в целом на острове. В настоящее время 25–30% площади тундроподобных сообществ приходится на долю папоротника, что является специфической особенностью Айновых островов и обусловлено, вероятно, орнитогенной эвтрофикацией почв, современным потеплением и повышением влажности климата в районе исследований.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Института биологии КарНЦ РАН (FMEN-2022-0008).

Список литературы

1. Филимонова Л.В., Кутенков С.А. Динамика растительности на острове Большой Айнов (Баренцево море, Россия) в голоцене как отражение поднятия суши и влияния морских птиц // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2025. Vol. 10. Iss. 1. С. 17–38. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2025.002>

А.П. Фоменко^{1, 2, 3}, Л.А. Савельева¹, А.О. Аксенов^{1, 2, 4}, В.Ю. Кузнецов^{1, 5}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт им. А.П. Карпинского, г. Санкт-Петербург, Россия

³Ботанический институт им. В.Л. Комарова, г. Санкт-Петербург, Россия

⁴Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

⁵Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

fomenko.antonina@gmail.com

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАДИОУГЛЕРОДНОГО ДАТИРОВАНИЯ ОРГАНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ РАЗРЕЗА «ЛЕНЭНЕРГО» (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ПРИЛАДОЖЬЕ)

В статье представлена литологическая характеристика, а также результаты детального спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования органогенных отложений из разреза «Ленэнерго». Накопление торфа и гиттии происходило в интервале от 8900 ± 150 ^{14}C л.н. (9960 ± 210 кал. л.н.) до 3530 ± 80 ^{14}C л.н. (3810 ± 110 кал. л.н.). Выявлен перерыв в осадконакоплении продолжительностью не менее 3500 лет.

Ключевые слова: р. Оять, голоцен, органогенные отложения, спорово-пыльцевой анализ, радиоуглеродное датирование

A.P. Fomenko^{1, 2, 3}, L.A. Savelieva¹, A.O. Aksenov^{1, 2, 4}, V.Yu. Kuznetsov^{1, 5}

¹Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

²All-Russian Geological Research Institute of A.P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

³Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

⁴Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg, Russia

⁵Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

fomenko.antonina@gmail.com

RESULTS OF PALYNOLOGICAL INVESTIGATIONS AND RADIOCARBON DATING OF ORGANIC-RICH DEPOSITS FROM THE 'LENENERGO' SECTION

The article presents the lithological characteristics, as well as the results of detailed pollen analysis and radiocarbon dating of organic-rich deposits from the 'Lenenergo' section. The accumulation of peat and gyttja occurred in the range from $8,900 \pm 150$ ^{14}C BP (9960 ± 210 ^{14}C cal BP) to $3,530 \pm 80$ ^{14}C BP (3810 ± 110 ^{14}C cal BP). A hiatus lasting at least 3,500 years was revealed at the turn of the Boreal and Atlantic periods.

Keywords: Oyat' River, Holocene, organic-rich deposits, pollen analysis, radiocarbon dating

Разрез «Ленэнерго», известный в связи с изучением истории Ладожской трансгрессии и палеогеографической обстановки археологических памятников южного Приладожья, расположен в юго-восточном Приладожье на левом берегу р. Оять близ дер. Оятский участок. В разные годы деревня имела различные названия, например, пос. Ленэнерго, пос. Свирыстря, пос. Линии Свирыстря. Это обстоятельство явилось одной из причин возникшей путаницы в опубликованных данных.

Разрез «Ленэнерго» неоднократно изучался исследователями, такими как К.К. Марков [6; 7], Г.Н. Лисицына [4], Д.Б. Малаховский [5], Б.И. Кошечкин и И.М. Экман [3], И.В. Делюсина [2; 9], А.П. Александровский и П.М. Долуханов [1; 10; 11], М.В. Шитов [8]. Выполнены спорово-пыльцевой и диатомовый анализы органогенных отложений, вскрытых

в этом разрезе. Спорово-пыльцевой анализ, выполненный в 1960-ые годы [4], показал, что торф, вскрытый в разрезе «Ленэнерго» сформировался в бореально-атлантическое время. А палинологические исследования, проведенные И.В. Делюсиной [2; 9], указывают на то, что органогенная толща, сформировалась в суббореальное время. Согласно результатам диатомового анализа, выполненного А.В. Лудиковой [1; 10; 11], органогенные отложения, представленные торфом и гиттией, накапливались в лагунных условиях, зафиксированы типичные для отложений Ладожской трансгрессии виды диатомей. Вторым обстоятельством, ставшим причиной путаницы в опубликованных по разрезу «Ленэнерго» данных, является не всегда правильная привязка полученных радиоуглеродных дат к толще органогенных отложений, - в одной работе дата может быть указана как полученная из кровли торфа, а в другой – из подошвы торфа. В связи с этим, появилась необходимость собрать опубликованные материалы по разрезу «Ленэнерго», а также изучить этот разрез вновь с помощью детального спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования.

В 2019 г. в рамках учебной научно-исследовательской практики по четвертичной геологии и геоморфологии Института наук о Земле СПбГУ на левом берегу р. Оять, в береговом обрыве, высота бровки которого составляет ~13 м, был вскрыт и изучен разрез «Ленэнерго» (60°27'45,4" с. ш., 33°11'33,3" в. д.). Проведено детальное литологическое описание серии расчисток снизу вверх от уреза р. Оять. Мощность вскрытых образований составила 8,1 м. Мощность органогенных отложений, представленных торфом и гиттией, составила 0,87 м.

По результатам комплексного изучения разреза выяснено, что органогенные образования накапливались в течение пребореал-суббореального периодов. В пребореальный период на изучаемой территории в относительно прохладных условиях растительный покров был несомкнутый, присутствовали типичные представители тундровой флоры, энкалпты и плаунок плауновидный. Возраст торфа составил 8900 ± 150 ^{14}C л.н. (9960 ± 210 кал. л.н.). Торф перекрыт прослоем гиттии с примесью песков. Во время накопления гиттии на окружающей территории широкое развитие получили сосново-березовые леса, а на заболоченных участках встречалась береза карликовая. Радиоуглеродный возраст кровли гиттии составил 8420 ± 90 ^{14}C л.н. (9400 ± 100 кал. л.н.). По прослою растительного детрита с песками зафиксирован перерыв в осадконакоплении длительностью около 3500 лет, что могло быть вызвано подъемом уровня Ладожского озера. Накопление гиттии продолжилось в атлантическое и суббореальное время. В атлантический период господствовали сосново-березовые леса с участием лещины, ясеня, вяза, липы и дуба. Вероятно, территория была подтоплена водами Ладожского озера, поэтому активно распространялась ольха. Среди трав преобладали осоковые и злаковые. В течение суббореального периода по-прежнему господствовали сосново-елово-березовые леса с примесью широколиственных пород. Согласно датировке из кровли гиттии ее формирование завершилось 3530 ± 80 ^{14}C л.н. (3810 ± 110 кал. л.н.). Полученные данные в совокупности с опубликованными результатами диатомового анализа [12] позволили предположить, что гиттия, вскрытая в разрезе «Ленэнерго», накапливалась в лагунных обстановках Ладожского озера. Дальнейший подъем уровня Ладоги привел к увеличению глубины в палеолагуне и резкой смене гиттии песчано-алевритовым переслаиванием.

Таким образом, органогенные отложения мощностью 0,87 м формировались от 8900 ± 150 ^{14}C л. н. (9960 ± 210 кал. л.н.) до 3530 ± 80 ^{14}C л.н. (3810 ± 110 кал. л.н.). На рубеже бореального и атлантического периодов установлен перерыв в осадконакоплении продолжительностью не менее 3500 лет. Стоит отметить, что сопоставление разрезов «Ленэнерго», изученных в районе дер. Оятский участок на левом берегу р. Оять, представляет определенную сложность из-за разной привязки местонахождения разреза, постоянной эрозии берега и отсутствия точной привязки по абс. Высоте.

Список литературы

1. Александровский А.Л., Арсланов Х.А., Давыдова Н.Н., Долуханов П.М., Зайцева Г.И., Кирпичников А.Н., Кузнецов Д.Д., Лавенто М., Лудикова А.В., Носов Е.Н., Савельева Л.А., Сапелько Т.В., Субетто Д.А. Новые данные относительно трансгрессии Ладожского озера, образования реки Невы и земледельческого освоения северо-запада России // Доклады Академии наук. 2009. Т. 424. № 5. С. 682–687.
2. Делюсина И.В. Биостратиграфия поздне- и послеледниковых отложений Ладожского озера и палеоклиматология Приладожья по палинологическим данным: Автореферат диссертации на соискание степени кандидата геол.-мин. наук. Таллин: Ин-т геологии, 1988. 15 с.
3. Кошечкин Б.И., Экман И.М. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. Спб.: РАН, РГО, 1991. С. 49–60.
4. Лисицына Г.Н. Вопросы палеогеографии неолита районов северо-запада Европейской части СССР // Древняя история северо-запада Европейской части СССР. Приложение 3. М.-Л. 1961. С. 535–579.
5. Малаховский Д.Б., Арсланов Х.А., Гей Н.А., Джиноридзе Р.Н., Козырев М.Г. Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. Спб.: РАН, РГО, 1991. С. 61–73.
6. Марков К.К. Послеледниковая история юго-восточного побережья Ладожского озера // Вопросы географии, 1949. Вып. 12. С. 213–220.
7. Марков К.К., Порецкий В.С., Шляпина Е.В. О колебаниях уровня Ладожского и Онежского озер в послеледниковое время // Труды Комиссии по изучению четвертичного периода, 1934. Т. IV. 71 с.
8. Шитов М.В. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера: Автореферат диссертации на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук. Спб.: СПбГУ, 2007. 17 с.
9. Delusin I. The Holocene pollen stratigraphy of Lake Ladoga and the vegetation history of its surroundings // Annales academiae scientiarum Fennicae. 1991. A. III. 153 S. 66 p.
10. Dolukhanov P., Subetto D., Arslanov Kh., Davydova N., Zaitseva G., Djinoridze E., Kuznetsov D., Ludikova A., Sapelko T., Saveliyeva L. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia // Quaternary International. 2009. Vol. 203. P. 33–51. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.04.021>
11. Dolukhanov P., Subetto D., Arslanov Kh., Davydova N., Zaitseva G., Kuznetsov D., Ludikova A., Sapelko T., Saveliyeva L. Holocene oscillations of the Baltic Sea and Lake Ladoga levels and early human movements // Quaternary International. 2010. Vol. 220. P. 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.09.022>.
12. Ludikova A., Subetto D., Kuznetsov D., Orlov A., Shatalova A. New Diatom and Sedimentary Data Confirm the Existence of the Northern Paleo-Outlet from Lake Ladoga to the Baltic Sea // Quaternary. 2024. Vol. 7(3). Iss. 31. 1–18 p. <https://doi.org/10.3390/quat7030031>

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ МАТРИЦА ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВОГО И ГОЛОЦЕНОВОГО ПЕДОГЕНЕЗА ДНЕВНЫХ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

Дневные почвы Владимирского ополья отличаются наличием реликтовых признаков, отражающих их сложную эволюцию в различных климатических эпохах позднего плейстоцена и голоцена. Исследование агросерых почв ключевого участка "Яхрома" позволило охарактеризовать последовательность литологических слоев и почвенных горизонтов, в том числе вторых гумусовых горизонтов (ВГГ), сформированных в условиях мерзлотно-гидроморфного почвообразования. Морфологическое строение почвенных горизонтов и литологических слоев свидетельствует о последовательных этапах водно-ледниковой, озерной и эоловой седиментации и последующей эрозии, что позволяет реконструировать локальные палеогеографические условия этого региона.

Ключевые слова: палеопочвы, эволюция почв, вторые гумусовые горизонты

L.S. Frolova^{1,2}, A.O. Makeev², N.V. Mokievsky^{1,2}, M.P. Lebedeva¹

¹*Dokuchaev Soil Science Institute RAAS, Moscow, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

l.frolova2000@gmail.com

LITHOLOGICAL MATRIX OF LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE PEDOGENESIS IN SURFACE SOILS OF VLADIMIR OPOLIE

The surface soils of Vladimir Opolie are distinguished by the presence of relict features reflecting their complex evolution in various climatic epochs of the Late Pleistocene and Holocene. The study of the key site "Yakhroma" allowed us to characterize the sequence of lithological layers and soil horizons, including the relict humus horizons (RHH), formed under the conditions of cryogenic and hydromorphic soil formation. The morphological structure of the soil horizons and lithological layers indicates stages of fluvio-glacial, lacustrine and aeolian sedimentation and erosion, which allows reconstructing the local paleogeographic conditions of this region.

Keywords: paleosols, soil evolution, relict humus horizons

Почвы Владимирского ополья отличаются наличием нескольких групп разновозрастных реликтовых почвенных признаков. Они являются результатом эволюции почв, которая проходила в динамичных климатических условиях позднего плейстоцена и голоцена. Для построения эволюционных траекторий и генетических моделей почв Владимирского Ополья необходимо охарактеризовать литологическую матрицу, в которой сформировались современные и реликтовые почвенные признаки.

Исследование проводилось на ключевом участке "Яхрома", который находится на междуречье рек Колокши и Яхромы, в центральной части Владимирского ополья. На ключевом участке была заложена траншея и серия скважин машинного бурения. Траншея представлена агросерыми почвами со вторым гумусовым горизонтом.

Траншея заложена в зоне погребенной долины стока ледниковых вод. Буровое профилирование и исследование почвенных разрезов показали, что изначально междуречье было перекрыто чехлом покровных суглинков, подстилаемых мореной, в настоящее время уничтоженных эрозией. Склоны моренного холма перекрыты слоями делювиальных суглинков, которые представляют собой переотложенную морену на переотложенном покровном суглинке, или их смесь. В них сформирован почвенный профиль с горизонтами

ВТ1, ВТ2 и 2ВТ3. В кровле покровного суглинка сформирован ВГГ. ВГГ и покровный суглинок перекрыты пылеватым верхним слоем, в котором сформированы пахотный и элювиальный горизонты Р и Е. На многих участках траншеи ВГГ отделен от верхних горизонтов прослоями грубо зернистого песка и слоем тяжелого суглинка.

ВГГ формировался как в легкой, так и в тяжелой частях текстурно-дифференцированного профиля. Вовлечение материала ВГГ в мерзлотные клинья и его высокая неоднородность указывает на его связь с мерзотно-гидроморфным почвообразованием в позднеледниковье. После формирования ВГГ начался этап активизации эрозионных процессов: почвы траншеи попали под воздействие маломощных русловых потоков. В результате верхняя часть ВГГ была частично срезана и перекрыта потоковыми отложениями.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №23-17-00073.

Р.М. Хантемиров, Л.А. Горланова, В.В. Кукарских
Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
rashit@ipae.uran.ru

ЯМАЛЬСКАЯ СВЕРХДЛИТЕЛЬНАЯ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВАЯ ХРОНОЛОГИЯ: ОТ С.Г. ШИЯТОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ

Доклад посвящен сверхдлительной Ямальской древесно-кольцевой хронологии, построенной в лаборатории дендрохронологии ИЭРиЖ УрО РАН. Основная идея заключается в использовании сохранившихся в вечной мерзлоте годовых колец деревьев для воссоздания многотысячелетней картины изменчивости природной среды.

Ключевые слова: древесно-кольцевая хронология, полуископаемая древесина, реконструкции, полуостров Ямал

R.M. Hantemirov, L.A. Gorlanova, V.V. Kukarskih
Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia
rashit@ipae.uran.ru

YAMAL SUPRALONG TREE-RING CHRONOLOGY: FROM S.G. SHIYATOV TO THE PRESENT DAY

This report focuses on the supralong Yamal tree-ring chronology constructed in the laboratory of Dendrochronology at IPAE. The main idea is to use annual tree rings preserved in permafrost to reconstruct a multi-millennial picture of natural environmental variability.

Keywords: tree-ring chronology, subfossil wood, reconstructions, Yamal Peninsula

Ямал является самым известным в России районом, где древесина деревьев, росших на полуострове в течение голоцена, до сих пор сохранилась в очень хорошем состоянии. В речных отложениях малых рек, скованных вечной мерзлотой, находится огромное количество стволов лиственниц (*Larix sibirica*), а также древесины ели (*Picea obovata*) и некоторых лиственных видов деревьев. Идея использовать годовые кольца давно погибших деревьев на Ямале для создания хронологии длительностью в несколько тысячелетий появилась в 1964 году. Ее выдвинул Степан Григорьевич Шиятов, в то время ещё молодой сотрудник Института экологии растений и животных (ИЭРиЖ) в Свердловске, во время экспедиции на реку Хадыга в южной части полуострова, куда его направил тогдашний директор института С.С.Шварц [16]. Реализация этой идеи началась в 1982 г., когда была организована экспедиция на полуостров Ямал, имевшая единственной целью сбор полуископаемой древесины из речных, а также торфяных отложений по берегам рек и озер. В 1980-х годах было проведено 4 экспедиции, было собрано около 560 образцов древесины. Первые датировки этой древесины делались глазомерно, при помощи сравнения графиков ширины годовых колец, нарисованных на миллиметровой бумаге. С.Г.Шиятову удалось построить таким манером непрерывную абсолютную хронологию по лиственнице длительностью 918 лет и около четырех десятков плавающих хронологий длительностью от 110 до 200 лет [14]. Радиоуглеродные датировки нескольких полуископаемых остатков древесины, выполненные в лаборатории исторической экологии ИЭРиЖ, показали, что возраст самых старых остатков достигает 9,5 тысяч лет [12]. Датировать вручную столь большой материал, который охватывал такой длительный интервал времени, было бы бесперспективно. Но как раз к этому времени стали доступны персональные компьютеры и необходимое программное обеспечение, которые значительно увеличили эффективность

работы. Применение вычислительной техники позволило довольно быстро увеличить длительность абсолютной хронологии по лиственнице сначала до 2300 лет [23], а затем и до 3240 лет [31], и построить несколько «плавающих» хронологий длительностью до одной тысячи лет. Трудности возникли при заполнении пробела между 1250 и 1350 гг. до н.э., и еще более трудным было преодоление отметки 5300 г. до н.э., которое заняло полтора десятилетия. На сегодняшний день длительность хронологии составляет 8768 лет, она охватывает период с 6748 г. до н.э. по 2019 г. н.э. [11]. Ближайшая «плавающая» хронология имеет длительность более 500 лет. Согласно радиоуглеродной датировке методом wiggle-matching она перекрывается с абсолютной хронологией. Однако надежно, т.е. на основе перекрестной датировки, установить это пока не удастся. Но и сейчас ямальская хронология является самой длительной для полярных регионов, для всей территории России и одной из самых длительных древесно-кольцевых хронологий мира. Работа над ее продлением и повышением надежности продолжается, вполне вероятно, что в ближайшие годы длительность хронологии по лиственнице достигнет 9,5 тысяч лет.

Сверхдлительная хронология стала уникальным инструментом при выполнении различного рода исследований. С ее помощью можно проводить массовые и очень точные датировки времени жизни деревьев, остатки которых сохранились в аллювиальных и торфяных отложениях и на поверхности. Такие датировки позволяют провести реконструкцию динамики различных параметров древесной растительности: положения северной границы редколесий, соотношения древесных видов, густоты и возрастной структуры древостоев [7-8; 27], и даже показатели динамики зоологических объектов [1-2]. К настоящему времени дендрохронологическим методом с точностью до года датировано 3400 из более чем 6000 собранных остатков древних деревьев на Ямале. Никакой другой из известных в настоящее время методов не может обеспечить такую массовую и точную датировку древесных остатков. С помощью Ямальской хронологии можно также датировать археологические памятники Ямала, в которых сохранились остатки древесины с ненарушенной структурой годичных колец [9; 13; 15; 17].

Большие перспективы открываются при извлечении информации о состоянии среды из различных параметров годичных колец древних деревьев. Хронология по ширине годичных колец лиственницы содержит очень сильный климатический сигнал. На основе измерений ширины колец реконструирована средняя температура июня-июля [3-4; 6; 20; 23-24; 27].

С помощью анализа аномальных анатомических структур, таких как морозобойные, ложные и светлые кольца, можно проводить реконструкции экстремальных температурных событий, некоторые из которых являются индикаторами крупных вулканических извержений [10; 18; 25-26].

Многообещающим является анализ клеточной структуры древесных колец. Первые результаты создания 7000-летней климатической реконструкции на основе количественной анатомии древесины показывают, что толщина клеточной стенки трахеид воспроизводит среднюю температуру более длительного периода по сравнению с шириной колец – трех, а не полутора летних месяцев. При этом коэффициент корреляции с инструментальными данными для некоторых 30-летних периодов достигает впечатляющих значений – до 0,94 [22].

Ямальская хронология является одной из самых подходящих для исследования событий Мияке – резких подскоков содержания радиоуглерода в атмосфере Земли [5]. С помощью анализа радиоуглерода в древесине точно датированных колец лиственниц с полуострова Ямал было обнаружено событие Мияке 5259 года до н.э. [19], установлена точная дата «события около 660 г. до н.э.» - 664 г. до н.э. [30], подтверждена дата ранее открытого события Мияке 774 г. н.э. [21; 28]. Древесина точно датированных колец Ямала в настоящее время используется для построения калибровочной радиоуглеродной кривой с разрешением в один год [29].

Таким образом, 8768-летняя хронология, построенная на основе данных по ширине годовичных колец полуископаемых деревьев Ямала является ценнейшим инструментом для проведения реконструкции различных параметров природной среды в течение голоцена.

Работа выполняется в рамках проекта Российского научного фонда № 25-14-00341.

Список литературы

1. *Зиновьев Е.В., Гилев А.В., Хантемиров Р.М.* Изменения энтомофаун Южного Ямала в связи с динамикой северной границы леса в голоцене // *Энтомологическое обозрение*. 2001. Т. 80. № 4. С. 843–852.
3. *Косинцев П.А., Хантемиров Р.М., Кукарских В.В.* Изменение северной границы ареала речного бобра (*Castor fiber* Linnaeus, 1758, Rodentia, Mammalia) на полуострове Ямал (Западная Сибирь) в голоцене // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2022. Т. 503. № 1. С. 60–64.
4. *Хантемиров Р.М.* Древесно-кольцевая реконструкция летних температур на севере Западной Сибири за последние 3248 лет // *Сибирский экологический журнал*. 1999. № 2. С. 185–191.
5. *Хантемиров Р.М.* 4309-летняя хронология для Ямала и ее использование для реконструкции истории климатических изменений на севере Западной Сибири // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. Том 17. СПб: Гидрометеиздат, 2000. С. 287–301.
6. *Хантемиров Р.М.* События Мяке: обзор современного состояния исследований // *Лесотехнический журнал*. 2023. Т. 13. № 4(52). Ч.2. С. 174–211.
7. *Хантемиров Р.М., Сурков А.Ю.* 3243-летняя древесно-кольцевая реконструкция климатических условий для севера Западной Сибири // *Проблемы общей и прикладной экологии: Мат. молодежн. конф.* Екатеринбург: Издательство 'Екатеринбург', 1996. С. 266–278.
8. *Хантемиров Р.М., Сурков А.Ю.* Динамика древесной растительности на полуострове Ямал в голоцене // *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. Вып. 1(64): Материалы по изучению биоты и экологических проблем ЯНАО. Салехард: Красный Север, 2010. С. 26–39.
9. *Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г.* Основные этапы развития древесной растительности на Ямале в голоцене // *Экология*. 1999. № 3. С. 163–169.
10. *Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г.* Дендрохронологические датировки древесины из археологического памятника Усть-Полуй // *Археология Арктики: Мат. межд. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию открытия памятника археологии «Древнее святилище Усть-Полуй»*. Екатеринбург: Издательство «Деловая пресса», 2012. С. 62–64.
11. *Хантемиров Р.М., Горланова Л.А., Сурков А.Ю., Шиятов С.Г.* Экстремальные климатические события на Ямале за последние 4100 лет по дендрохронологическим данным // *Известия РАН. Серия географическая*. 2011. № 2. С. 89–102.
12. *Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Горланова Л.А., Кукарских В.В., Сурков А.Ю., Хамзин И.Р., Фонти П., Вакер Л.* 8768-летняя Ямальская древесно-кольцевая хронология как инструмент для палеоэкологических реконструкций // *Экология*. 2021. № 5. С. 388–397. <https://doi.org/10.31857/S0367059721050085>
13. *Шиятов С.Г., Ерохин Н.Г.* Радиоуглеродные датировки полуископаемой древесины на Ямале и возможности её использования для построения серхдлительного дендрохронологического ряда // *Возможности методов измерения сверхмалых количеств изотопов: сб. науч. трудов / под ред. Кочарова Г.Е.* Ленинград: АН СССР, Физ.-техн. ин-т им. А.Ф. Иоффе, 1990. С. 156–162.
14. *Шиятов С.Г., Мазепа В.С., Хантемиров Р.М., Горячев В.М.* Итоги и перспективы использования дендрохронологического метода для датировки археологических,

- исторических и этнографических памятников на территории ЯНАО // Научный вестник. 2000. Вып. 3 Археология и этнология. С. 49–56.
15. Шиятов С.Г., Сурков А.Ю. Возможности и перспективы построения сверхдлительных дендрохронологических рядов для Приобского Севера // Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии: тез. докл. V Всес. совещ. по вопросам дендрохронологии. Свердловск, 1990. С. 168–169.
16. Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М. Дендрохронологическая датировка древесины кустарников из археологического поселения Ярте VI на полуострове Ямал // Древности Ямала. Екатеринбург-Салехард: УрО РАН, 2000. С. 112–120.
17. Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М. С.С. Шварц и дендрохронологические исследования на Ямале // Экология и эволюция: новые горизонты: мат. Межд. симп., посвященного 100-летию акад. С. С. Шварца. Екатеринбург: Гуманитарный университет, 2019. С. 399–401.
18. Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М., Горячев В.М., Агафонов Л.И., Гурская М.А. Дендрохронологические датировки археологических, исторических и этнографических памятников Западной Сибири // Археология и естественнонаучные методы: сб. статей / ред. В.И. Завьялов. М.: Языки славянской культуры, 2005. С. 43–57.
19. Bessonova V., Gorlanova L., Hantemirov R. Tree-ring anomalies as time markers for ice-core chronologies, with special reference to 5281 BCE as the possible date of the Kikai volcanic event // *Dendrochronologia*. 2024. Vol. 88. P. 126271.
20. Brehm N., Christl M., Knowles T.D.J., Casanova I., Evershed R., Adolphi F., Muscheler R., Synal H.-A., Mekhaldi F., Paleari C., Leuschner H.-H., Bayliss A., Nicolussi K., Pichler T., Schlüchter C., Pearson C., Salzer M., Fonti P., Nievergelt D., Hantemirov R., Brown D., Usoskin I., Wacker L. Tree-rings reveal two strong solar proton events in 7176 and 5259 BCE // *Nat. Commun.* 2022. Vol. 13. № 1. P. 1196. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28804-9>
21. Briffa K.R., Melvin T.M., Osborn T.J., Hantemirov R., Kirdyanov A., Mazepa V., Shiyatov S., Esper J. Reassessing the evidence for tree-growth and inferred temperature change during the Common Era in Yamalia, northwest Siberia // *Quat. Sci. Rev.* 2013. Vol. 72. P. 83–107. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.04.008>
22. Büntgen U., Wacker L., Galván J.D., Arnold S., Arseneault D., Baillie M., Beer J., Bernabei M., Bleicher N., Boswijk G., Bräuning A., Carrer M., Ljungqvist F., Cherubini P., Christl M., Christie D., Clark P., Cook E., D'Arrigo R., Davi N., Eggertsson O., Esper J., Fowler A., Gedalof Z., Gennaretti F., Gießinger F., Grissino-Mayer H., Grudd H., Gunnarson B., Hantemirov R., Herzig F., Hessel A., Heussner K.-U., Jull A., Kukarskikh V., Kirdyanov A., Kolar T., Krusic P., Kyncl T., Lara A., LeQuesne C., Linderholm H., Loader N., Luckman B., Miyake F., Myglan F., Nicolussi K., Oppenheimer C., Palmer J., Panyushkina I., Pederson N., Rybniček M., Schweingruber F., Seim A., Sigl M., Sidorova O., Speer J., Synal H.-A., Tegel W., Treydte K., Villalba R., Wiles G., Wilson R., Winship L., Wunder J., Yang B., Young G. Tree rings reveal globally coherent signature of cosmogenic radiocarbon events in 774 and 993 CE // *Nat. Commun.* 2018. Vol. 9. № 1. P. 3605. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06036-0>
23. Fonti P., Hantemirov R., Kukarskikh V. et al. Advancing Long-Term Climate Records in Siberian Yamal Through Quantitative Wood Anatomy // 11th WorldDendro Conference – Beyond Boundaries: Innovations and Opportunities in Tree-Ring Science, 28 July – 1 August 2025, Livingstone, Zambia. Book of abstracts. Livingstone, Zambia, 2025. P. 118.
24. Hantemirov R.M. A 2,305 year tree-ring reconstruction of mean June-July temperature deviations in the Yamal Peninsula // *Int. Conf. on Past, Present and Future Climate: Proc. SILMU conf.* Helsinki, Finland, 22-25 August 1995. Helsinki: Publication of the Academy of Finland 6/95, 1995. P. 124–127.
25. Hantemirov R.M., Corona C., Guillet S., Shiyatov S., Stoffel M., Osborn T., Melvin T., Gorlanova L., Kukarskikh V., Surkov A., Arx G., Fonti P. Current Siberian heating is unprecedented during the past seven millennia // *Nat. Commun.* 2022. Vol. 13. № 1. P. 4968. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32629-x>

26. *Hantemirov R.M., Gorlanova L., Bessonova V., Hamzin I., Kukarskikh V.* A 4500-Year Tree-Ring Record of Extreme Climatic Events on the Yamal Peninsula // *Forests*. 2023. Vol. 14. № 3. P. 574.
27. *Hantemirov R., Gorlanova L., Shiyatov S.* Extreme temperature events in summer in northwest Siberia since AD 742 inferred from tree rings // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2004. Vol. 209. № 1–4. P. 155–164.
28. *Hantemirov R.M., Shiyatov S.G.* A continuous multimillennial ring-width chronology in Yamal, northwestern Siberia // *The Holocene*. 2002. Vol. 12. № 6. P. 717–726.
29. *Jull A., Panyushkina I., Lange T., Kukarskikh V., Myglan V., Clark K., Salzer M., Burr G., Leavitt S.* Excursions in the 14C record at A.D. 774-775 in tree rings from Russia and America // *Geophys. Res. Lett.* 2014. Vol. 41. № 8. P. 3004–3010. <https://doi.org/10.1002/2014GL059874>
30. *Miyake F., Hakoziaki M., Hantemirov R. et al.* Exploring extreme solar events through annual 14C data in tree rings // 25th Radiocarbon Conference. Kraków, 29 June – 4 July 2025. Book of Abstracts. Krakow, 2025. P. 101.
31. *Panyushkina I., Jull A., Molnár M., Varga T., Kontul' I., Hantemirov R., Kukarskikh V., Sljusarenko I., Myglan V., Livina V.* The timing of the ca-660 BCE Miyake solar-proton event constrained to between 664 and 663 BCE // *Commun. Earth Environ.* 2024. Vol. 5. № 1. P. 454. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01618-x>
32. *Shiyatov S., Hantemirov R., Schweingruber F., Briffa K., Moell M.* Potential long-chronology development on the Northwest Siberian Plain: early results // *Dendrochronologia*. 1996. Vol. 14. P. 13–29.

Б.Ф. Хасанов¹, Л.А. Вакалюк¹, О.Л. Петров¹, Л.М. Шмелькова²

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия*

²*Научно-исследовательский зоологический музей МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

bulatfk@gmail.com

СКОРОСТЬ АККУМУЛЯЦИИ СУБФОССИЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДУБА В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ) КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЙ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ

Анализ древесно-кольцевой хронологии субфоссильных деревьев дуба показал, что скорость их аккумуляции не оставалась постоянной на протяжении последних 2500 лет. Эпизоды наиболее активной аккумуляции наблюдаются в 5, 11 и на рубеже 17 и 18 веков и связаны с этапами повышенной эрозионной активности реки.

Ключевые слова: дендрэкология, *Quercus robur*, голоцен

B.F. Khasanov¹, L.A. Vakaliuk¹, O.L. Petrov¹, L.M. Shmelkova²

¹*A.N. Severtsov's Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia*

²*Zoological Museum of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

bulatfk@gmail.com

SUBFOSSIL OAK TREES ACCUMULATION RATE IN ALLUVIAL DEPOSITS OF THE ZAPADNAYA DVINA RIVER (TVER REGION, RUSSIA) AS AN INDICATOR OF PRECIPITATION REGIMES CHANGES

Analysis of subfossil oak tree-ring chronology revealed that their accumulation rate did not remain constant over the last 2500 years. Increased rates were observed in the 5th, 11th and on a boundary of the 17th and 18th centuries and were associated with changes of the river fluvial activity.

Keywords: dendroecology, *Quercus robur*, Holocene

Во второй половине XX-го века дендрохронология стала одним из основных источников информации об изменениях климата последних тысячелетий [11]. Однако если сеть реконструкций температурных изменений довольно плотна [18], информации о колебаниях условий увлажнения значительно меньше [14; 25]. Это обстоятельство подчеркивает актуальность построения гидроклиматических реконструкций на основе изучения годичных колец деревьев.

Традиционно, дендрохронологию подразделяют на ряд субдисциплин в зависимости от решаемых задач (дендроклиматология, дендрэкология, дендроархеология и др.). Методически же в рамках дендрохронологии имеет смысл выделять три подхода к имеющимся в распоряжении исследователя материалам. Первый подход направлен на выявление факторов, лимитирующих годичный прирост деревьев, построение моделей, описывающих эту зависимость, и создание реконструкций на основе этих моделей. В рамках такого подхода было построено несколько гидроклиматических реконструкций для Северной и Центральной Европы (см. обзоры в [14; 25]).

Второй подход ориентирован на выявление отдельных экстремальных событий в жизни дерева, которые приводят к резкому уменьшению или увеличению радиального прироста или формированию анатомических аномалий. Синхронное проявление таких аномалий у значительной части исследованных деревьев идентифицируется как реперный год [20] и служит основой для построения реконструкций погодных экстремумов, нарушений целостности лесного полога, вспышек массового размножения насекомых и т.д.

Такой подход используется и для построения реконструкций экстремальных паводков на реках [17; 23] (см. также статью Вакалюк, Хасанов в настоящем сборнике).

Наконец третий подход концентрируется на установлении и анализе дат прорастания и гибели (рубки) деревьев. В рамках археологических исследований это позволяет изучать историю лесопользования, тогда как в случае работы с древесиной из природных архивов скорость аккумуляции субфоссильных деревьев в отложениях может зависеть и от разнообразных климатических факторов. Так, произрастающие на болотах деревья возобновляются главным образом в засушливые периоды, а отмирают и погребаются в отложениях торфа во влажные [9; 15]. Такие же закономерности характеризуют и аккумуляцию субфоссильных деревьев в отложениях озер [10].

Дело обстоит сложнее в случае анализа скорости аккумуляции субфоссильных деревьев, сохраняющихся в аллювиальных отложениях. Произрастающие в пойменных лесах деревья подмываются водным потоком, падают в воду и погребаются в аллювии. Скорость аккумуляции таких деревьев определяется как эрозионной активностью реки, так и характеристиками пойменной растительности. Так, на северном пределе распространения лесов интенсивность возобновления деревьев определяется температурными условиями вегетационного периода [5], что увеличивает скорость аккумуляции субфоссильных деревьев в теплые периоды [6]. В умеренных широтах на характер растительности пойменных местообитаний, а значит и на скорость аккумуляции субфоссильных деревьев, значительное влияние может оказывать деятельность человека [22]. В свою очередь эрозионная активность реки определяется как гидроклиматическими параметрами, так и характеристиками водосборного бассейна.

Таким образом, все три упомянутых дендрохронологических подхода могут быть использованы для изучения изменений условий увлажнения. Для достижения этой цели в настоящей работе предпринимается анализ древесно-кольцевой хронологии (ДКХ) субфоссильных деревьев дуба черешчатого из аллювиальных отложений реки Западная Двина (Тверская область, Россия). В настоящее время абсолютно датированная часть этой ДКХ охватывает период с 250 по 1762 гг. н.э. [12; 13; 21] и включает 226 деревьев дуба. Для анализа была привлечена также плавающая ДКХ, датировки которой были получены с помощью метода согласованных вариаций (wiggle matching, [8]) в программе OxCal 4.4.2 [7]. Эта ДКХ включает в себя 28 деревьев [13]. Датировки еще шести деревьев были получены путем перекрестного датирования с ДКХ (1803-2020 гг.) живых деревьев дуба, образцы древесины которых были собраны в пойменных лесах долины Западной Двины и ее притоков.

Сравнение величины радиального прироста живых деревьев с данными инструментальных метеорологических и гидрологических наблюдений значимых связей не выявило, а методика построения гидроклиматических реконструкций на основе анализа качественных и количественных анатомических признаков древесины дуба пока только разрабатывается (см. статью Вакалюк, Хасанов в настоящем сборнике). Поэтому основное внимание в настоящей работе было уделено анализу скорости аккумуляции субфоссильных деревьев дуба в аллювиальных отложениях. Этот показатель можно оценивать по количеству образцов, приходящихся на каждый год ДКХ (рис. 1А) или на основе анализа дат гибели субфоссильных деревьев. Абсолютное большинство образцов субфоссильных деревьев дуба из аллювия Западной Двины лишено коры и самых наружных колец древесины (заболони), что делает установление этой даты невозможной. Можно, тем не менее, оценить эту дату, исходя из предположения, что утрачена только заболонь. Нами была определена ширина заболони у живых деревьев дуба в долине Западной Двины (163 дерева), среднее значение составило 11 ± 4 года. Эта величина была прибавлена к дате образования самого наружного кольца каждого образца субфоссильного дерева. Полученные в результате даты гибели деревьев характеризуется некоторой неопределенностью (± 4 года для абсолютно датированных деревьев, ± 22 года для деревьев, датированных радиоуглеродным методом).

Для определения распределения плотности вероятности дат во времени они были суммированы в программе OxCal 4.4.2 [7] (рис. 1Б).

Оба показателя свидетельствуют о неравномерном накоплении субфоссильных деревьев в аллювии Западной Двины за последние 2500 лет (рис. 1). Пики накопления наблюдаются в 5, 11 и на рубеже 17 и 18 веков. Более ранний период характеризуется значительно меньшим числом субфоссильных деревьев, однако можно предполагать наличие еще одного пика в первые века до н.э. Более интенсивное поступление деревьев может объясняться изменениями эрозионной активности реки, обусловленными колебаниями увлажнения территории. В пользу такого предположения говорит цикличность этого процесса. Однако деятельность человека также оказывала существенное влияние на накопление деревьев. Интенсивное сельскохозяйственное освоение поймы Западной Двины в 13-14 и после начала 18 века существенно сократило площадь пойменных лесов и драматически сказалось на скорости аккумуляции [12].

Поскольку скорость аккумуляции субфоссильных деревьев в аллювиальных отложениях рек определяется как климатическими параметрами, так и характером растительности поймы и водосборного бассейна в целом, реконструкция изменений условий увлажнения на основе такого анализа требует привлечения широкого спектра данных, полученных другими методами. Среди последних в первую очередь следует указать исследования динамики поселений в поймах и датирование погребенных пойменных почв [3, 24]. С изменениями режима увлажнения также связано формирование эрозионных форм рельефа [2] и изменения уровня озер и грунтовых вод [1; 4]. Одним из самых основных методов построения гидроклиматических реконструкций по праву считается анализ макроостатков растений и раковинных амёб в торфе верховых болот [16, 19].

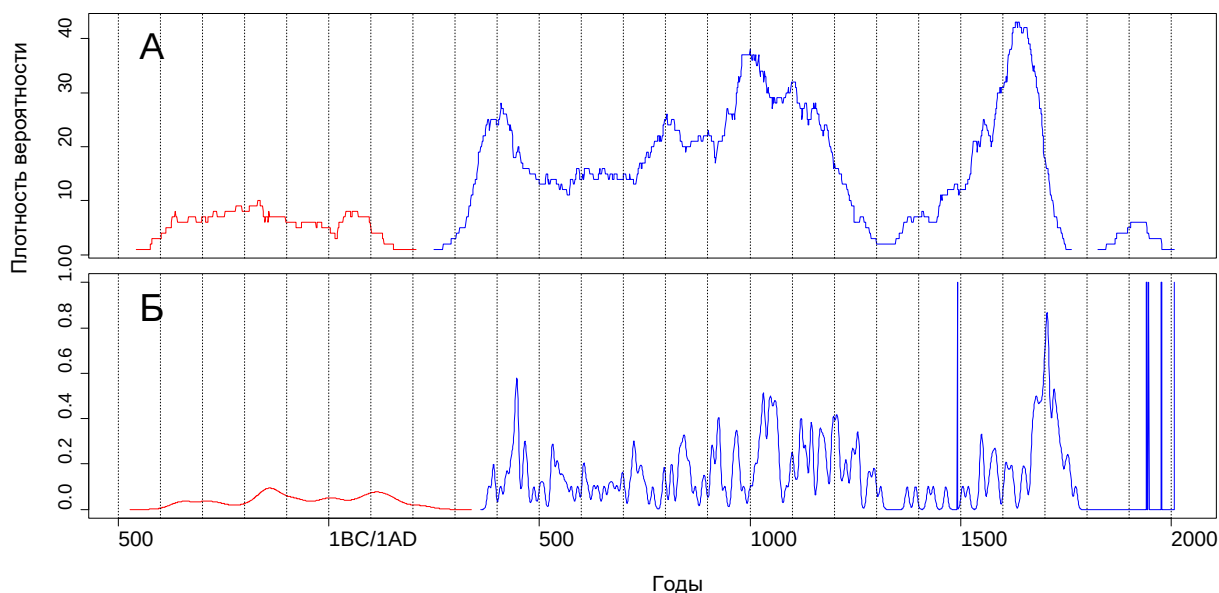


Рис. 1. Количество образцов (А) и распределение плотности вероятности дат гибели (Б) субфоссильных деревьев дуба из аллювиальных отложений Западной Двины (Тверская область, Россия). Синие кривые характеризуют абсолютно датированные деревья, красные – датированные радиоуглеродным методом. Резкие пики на нижней панели показывают деревья, дата гибели которых определена с точностью до одного года

Сравнение полученных данных с реконструкциями, выполненными упомянутыми методами для северо-запада Европейской части России, позволит точнее определить причины изменений скорости аккумуляции субфоссильных деревьев и создать региональную реконструкцию изменений условий увлажнения региона.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект 25-24-00378).

Список литературы

1. Дьяконов К.Н., Абрамова Т.А. Итоги палеоландшафтных исследований в Центральной Мещере // Известия РГО. 1998. Т. 130. № 4. С. 10–21.
2. Панин А.В. Хроноструктура эрозии в центре Восточно-Европейской равнины за последние 5000 лет // Доклады Академии наук. 2008. Т. 423. № 2. С. 251–256.
3. Панин А.В., Нефёдов В.С. Анализ изменений уровня режима рек и озер в верховьях Волги и Западной Двины по археолого-геоморфологическим данным // Водные Ресурсы. 2010. Т. 37. № 1. С. 17–32.
4. Тарасов П.Е., Гунова В.С., Успенская О.Н. Уровни озер бассейна Волги как индикатор изменения климата в голоцене // Вестник Московского Университета. Серия 5. География. 1997. № 3. С. 36–41.
5. Хантемиров Р.М., Сурков А.Ю., Горланова Л.А. Изменения климата и формирование возрастных поколений лиственницы на полярной границе леса на Ямале // Экология. 2008. № 5. С. 323–328.
6. Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Горланова Л.А., Кукарских В.В., Сурков А.Ю., Хамзин И.Р., Фонти П., Вакер Л. 8768-летняя Ямальская древесно-кольцевая хронология как инструмент для палеоэкологических реконструкций // Экология. 2021. № 5. С. 388–397.
7. Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. Vol. 51. P. 337–360.
8. Bronk Ramsey C., van der Plicht J., Weninger B. “Wiggle matching” radiocarbon dates // Radiocarbon. 2001. Vol. 43. P. 381–389.
9. Edvardsson J., Stoffel M., Corona C., Bragazza L., Leuschner H., Charman D., Helama S. Subfossil peatland trees as proxies for Holocene palaeohydrology and palaeoclimate // Earth-Science Reviews. 2016. Vol. 163. P. 118–140.
10. Helama S., Luoto T., Nevalainen L., Edvardsson J. Rereading a tree-ring database to illustrate depositional histories of subfossil trees // Palaeontologia Electronica. 2017. Vol. 20. Iss. 1.2. P. 1–12. <https://doi.org/10.26879/696>
11. Hughes M., Swetnam T., Diaz H. (Eds). Dendroclimatology. Progress and Prospects. Developments in Paleoenvironmental Research. Vol. 11. 2011. Springer: Dordrecht, Heidelberg, London, New York. 365 p.
12. Khasanov B., Karpukhin A., Krenke N., Pevzner M., Tarabardina O., Vasyukov D., Yermokhin M., Savinetsky A. Long oak tree-ring chronologies from Central Russia and their potential for dating // Tree-ring Research Journal. 2021. Vol. 77. P. 53–62.
13. Khasanov B., Yermokhin M., Lukin V., Knysh N., Nakamura T., Okuno M., Petrov O., Savinetsky A. Paleoenvironmental perspective of subfossil oaks from the Zapadnaya Dvina River // Dendrochronologia. In press
14. Ljungqvist F.C., Piermattei A., Seim A., Krusic P., Büntgen U., He M., Kirdyanov A., Luterbacher J., Schneider L., Seftigen K., Stahle D., Villalba R., Yang B., Esper J. Ranking of tree-ring based hydroclimate reconstructions of the past millennium // Quaternary Science Reviews. 2020. Vol. 230. 106074. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.106074>
15. Margielewski W., Krąpiec M., Buczek K., Szychowska-Krąpiec E., Korzeń K., Niska M., Stachowicz-Rybka R., Wojtal A., Mroczkowska A., Obidowicz A., Sala D., Drzewicki W., Barniak J., Urban J. Hydrological variability of middle European peatland during the Holocene, inferred from subfossil bog pine and bog oak dendrochronology and high-resolution peat multiproxy analysis of the Budwity peatland (northern Poland) // Science of the Total Environment. 2024. Vol. 931. 172925. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172925>
16. Mazei Y., Tsyganov A., Bobrovsky M., Ludikova A., Kostromina N., Cherezova A., Petrov A., Bazhenova E., Andreev A. Peatland development, vegetation history, climate change and human activity in Valdai uplands (central European Russia) during the Holocene: A multi-proxy

- palaeoecological study // Diversity. 2020. Vol. 12. Iss. 12. P. 462.
<https://doi.org/10.3390/d12120462>
17. Meko M., Therrell M. A record of flooding on the White River, Arkansas derived from tree-ring anatomical variability and vessel width // Physical Geography. 2020. Vol. 41. Iss. 1. P. 83–98.
 18. PAGES2k Consortium. A global multiproxy database for temperature reconstructions of the Common Era. Scientific Data. 2017. Vol. 4. 170088.
 19. Rundgren M. Stratigraphy of peatlands in central and northern Sweden: evidence of Holocene climatic change and peat accumulation // GFF. 2008. Vol. 130. Iss. 2. P. 95–107.
 20. Schweingruber F., Eckstein D., Serre-Bachet F., Bräker O. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology // Dendrochronologia. 1990. Vol. 8. P. 9–38.
 21. Solomina O., Matskovsky V., Dolgova E., Kuznetsova V., Semenyak N., Bebchuk T., Mikhaleiko V., Karpukhin A., Khasanov B. Tree-ring data set for dendroclimatic reconstructions and dendrochronological dating in European Russia // Scientific Data. 2022. Vol. 9. P. 367.
 22. Spurk M., Leuschner H., Baillie M., Briffa K., Friedrich M. Depositional frequency of German subfossil oaks: Climatically and nonclimatically induced fluctuations in the Holocene // Holocene. 2002. Iss. 12. P. 707–715.
 23. St. George S., Nielsen E. Palaeoflood records for the Red River, Manitoba, Canada, derived from anatomical tree-ring signatures // The Holocene. 2003. Vol. 13. Iss. 4. P. 547–555.
 24. Syrovatko A., Panin A., Troshina A., Zaretskaya N. Magnitude and chronology of extreme floods in the last 2 ka based on the stratigraphy of a riverine archeological site (Schurovo settlement, middle Oka River, Central European Russia) // Quaternary International. 2019. Vol. 516. P. 83–97.
 25. Tegel W., Muigg B., Skiadaresis G., Vanmoerkerke J., Seim A. Dendroarchaeology in Europe // Front. Ecol. Evol. 2022. Iss. 10. 823622.

ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ И ХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИ ПАЛЕОПОЧВЕННОМ ИЗУЧЕНИИ КУРГАНОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ)

Рассматриваются проблемы проведения палеоклиматических реконструкций в степной зоне России на основе изучения подкурганных палеопочв. Проанализированы особенности изучения длительных (>500 лет) и коротковременных (<100 лет) педохронорядов. Работа в коротковременных педохронорядах проводится на пределе временного разрешения отклика почвенных свойств на климатические изменения, что позволяет на основе оценки этих свойств провести хронологический анализ и предложить относительный (раньше-позже) порядок сооружения курганов в могильниках представителей одной и той же археологической культуры. Представлена схема изменений климата последних 7000 лет для сухостепного Приуралья, выявлен набор свойств черноземов, на основе изменчивости которых проведены реконструкции.

Ключевые слова: педохроноряд, направление изменчивости свойств черноземов, палеореконструкции климата, степная зона

O.S. Khokhlova¹, A.E. Sverchkova²

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia*

²*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*
olga_004@rambler.ru

PALAEOCLIMATIC RECONSTRUCTION AND CHRONOLOGICAL ANALYSIS BASED ON PALEOPEDOLOGICAL STUDY OF KURGANS IN THE STEPPE ZONE OF RUSSIA (A CASE-STUDY ON THE SOUTHERN CIS-URALS)

The article considers the problems of paleoclimatic reconstructions in the steppe zone of Russia, based on the study of under-kurgan paleosols. The features of studying long-term (>500 years) and short-term (<100 years) pedochronoseries are analyzed. Studies of short-term pedochronoseries allow working at the limit of time resolution of the response of soil properties to climatic changes and, based on the assessment of these properties, conducting a chronological analysis and proposing a relative (earlier-later) order of construction of kurgans in a burial ground of representatives of the same archaeological culture. A scheme showing climate changes in the dry steppe of the Cis-Urals over the last 7000 years is provided, along with a list of chernozem properties that are typically used for making reconstructions.

Keywords: pedochronoseries, direction of variability of chernozem properties, reconstruction of paleoclimate, steppe zone

Геоархеологическое изучение земляных памятников (курганов) в степной зоне России имеет несколько направлений:

- проведение палеоклиматических реконструкций для второй половины голоцена, когда было сооружено основное количество курганов, на основе изучения почв, погребенных под ними;

- выполнение хронологического анализа, позволяющего установить относительный последовательно-временной порядок сооружения курганов одной и той же археологической

культуры в могильнике исходя из коротковременной изменчивости свойств погребенных под ними почв;

- оценка антропогенного воздействия на степные ландшафты в зависимости от степени нарушенности верхних горизонтов погребенных почв;
- воссоздание методических приемов и технологий земляного строительства при возведении собственно курганов.

Каждое из направлений использует свой набор методических подходов. В данной статье мы остановимся лишь на двух первых из перечисленных и рассмотрим их на примере сухостепного Приуралья. Преобладающим типом почв на указанной территории являются черноземы, а конкретно в сухостепной зоне это черноземы обыкновенные и южные. Поэтому наши дальнейшие рассуждения и выводы применимы к этим типам почв.

Для проведения палеоклиматических реконструкций на основе изучения подкурган-ных черноземов используются: морфологический анализ – изучение почв на макро-, мезо-, микроуровнях наблюдения, иногда проводят электронно-микроскопическое изучение (субмикроуровень); аналитическое исследование, а именно, определение гранулометрического состава, углерода органического и карбонатного, pH, потерь при прокаливании, состава обменных оснований, гипса и иногда характеристик водной вытяжки; инструментальные исследования – определение магнитной восприимчивости (полевое и/или лабораторное), радиоуглеродного (или другие методы) возраста и изотопного состава углерода органического вещества и иногда карбонатов. Могут привлекаться и методы смежных наук, как правило, палеоботанические – фитолитный, спорово-пыльцевой, антракологический.

Различные свойства почв с разной скоростью реагируют на изменения внешних условий. На данный момент в палеопочвоведении пока недостаточно разработана иерархия скоростей изменчивости тех или иных почвенных свойств при климатических колебаниях. Благодаря изученным разновременным хронорядам в сухостепном Приуралье удалось проследить отклик свойств черноземов на смену климатических условий за сравнительно длительные (>500 лет) и более короткие (≤ 100 лет) хроноинтервалы и получить информацию об эволюции почв и изменениях природной среды. Установлено, что свойства изучаемых почв способны меняться за сравнительно короткий промежуток времени (<100 и 100-200 лет), и при неоднократных климатических колебаниях во второй половине голоцена черноземы претерпевали различные по направленности изменения. Был определен набор свойств черноземов, который в достаточной мере отражает тенденцию изменения климатических условий. Как при изучении длительных, так и коротковременных педохронорядов набор почвенных свойств для проведения палеоклиматической реконструкции идентичен и включает в себя степень проработки почвенного профиля мезофауной, морфологические и химические показатели гумусного (граница гумусового горизонта и его окраска, содержание углерода органического) и солевого (содержание карбонатов, гипса и облик их аккумуляции в профиле, параметры водной вытяжки) состояния почв (черноземов), содержание обменных оснований, в частности, Na, величину магнитной восприимчивости, радиоуглеродный возраст органического углерода и карбонатов, их изотопный состав. Необходимо понимать, что все свойства изучаемых черноземов в зависимости от направленности их изменений под влиянием усиления аридизации/гумидизации климата, можно условно разделить на «аридные» и «гумидные» (табл. 1).

Изменения почвенных свойств могут быть отчетливыми, фиксируемыми морфологическими, физико-химическими и инструментальными методами исследования, но также – отмечены на уровне тенденций, то есть, быть неотчетливыми, едва выраженными. Это зависит от длительности и/или интенсивности воздействия изменившегося климата. В коротковременном педохроноряде, охватывающем интервал ≤ 100 лет, можно выделить свойства, которые только начали свою трансформацию, но уже имеют направленность. Например, при аридизации климата подтягивание карбонатов вверх по профилю, появление гипса в пределах двухметровой толщи профиля черноземов может занять очень короткое

время (первые десятки лет). Тогда как опускание карбонатов и вымывание гипсовых аккумуляций из профиля требует большего времени. Но и в том, и в другом случае в коротковременном педохроноряду мы, как минимум, наблюдаем тенденцию к их накоплению/вымыванию в почве. При усилении гумидизации климата в сухостепной зоне черноземы будут меняться в сторону более северных подтипов, но изменения свойств почв за небольшой период времени (≤ 100 лет) будут менее заметными и более постепенными, чем таковые при усилении аридизации климата. Это объясняется скоростью трансформации почвенного профиля в зависимости от направленности изменений климатических условий, а также тем фактом, что исчезновение признака (например, выщелачивание карбонатов) гораздо труднее оценить, чем его появление (подтягивание карбонатов вверх по профилю и появление в тех горизонтах, где их раньше не было).

Таблица 1. Условное разделение свойств изучаемых черноземов степной зоны России при смене направленности климатических изменений

«Аридные» свойства	«Гумидные» свойства
<u>Дегумификация:</u> -осветление гумусового горизонта, -снижение содержания органического углерода, -увеличение ^{14}C возраста гумуса	<u>Гумусоаккумуляция:</u> -потемнение гумусового горизонта, -увеличение содержания органического углерода, -уменьшение ^{14}C возраста гумуса
<u>Засоление:</u> -уменьшение глубины залегания сегрегированных форм карбонатных аккумуляций, -увеличение количества и разнообразия форм карбонатных аккумуляций, -увеличение содержания карбонатов, -увеличение ^{14}C -возраста карбонатов, -увеличение в составе углерода карбонатных аккумуляций тяжелого изотопа, -увеличение содержания гипса,	<u>Рассоление:</u> -опускание верхней границы вскипания от HCl , -уменьшение разнообразия видимых форм карбонатов и перемещение их вниз по профилю, -снижение содержания карбонатов, -уменьшение их ^{14}C -возраста, -уменьшение в составе углерода карбонатных аккумуляций тяжелого изотопа, -уменьшение содержания гипса
<u>Осолонцевание:</u> -увеличение содержания обменного натрия в составе обменных оснований;	<u>Рассолонцевание:</u> -уменьшение содержания обменного натрия в составе обменных оснований;
Уменьшение величины магнитной восприимчивости;	Увеличение величины магнитной восприимчивости;
Увеличение признаков зоогенной турбированности профиля	Уменьшение признаков зоогенной турбированности профиля

Когда мы имеем дело с коротковременным педохронорядом, важно подчеркнуть, что рассмотрение одного или нескольких свойств для палеорекоonstrukций явно недостаточно и не может привести к достоверным выводам. Для обоснованных и достоверных выводов в указанном случае наиболее правильным будет использование полного из возможных набора свойств почв и дополнительных, например, палеоботанических данных. И когда набор свойств в совокупности приводит к выявлению общей тенденции в направленности их изменения, вывод о смене климатических условий убедительный и закономерный.

Обнаруженные при палеоклиматической реконструкции тенденции в изменениях свойств позволяют выстраивать курганы, под которыми почвы погребены, в относительном хронологическом порядке (раньше-позже) в монокультурном могильнике. Если, например, почвенные свойства меняются в аридную сторону, то в зависимости от того, на какой стадии изменения эти свойства находятся в почве под тем или иным курганом, выстраивается педохроноряд, в котором ясно, какая из почв была погребена раньше/позже и соответственно, тот же вывод делается и для курганов, под которыми эти почвы погребены. Практически всегда эта работа проводится в коротковременных (внутривековых) педохронорядах и на пределе временного отклика почвенных свойств на климатические изменения, что исключает ошибку при выявлении направленности указанных изменений. Для археологических культур (например, ямная и срубная культура в южном Приуралье), в которых подкурганные погребения довольно часто не содержат никакого вещевого материала, информация об относительном порядке сооружения курганов в монокультурном могильнике – единственный вариант понять особенности функционирования этого могильника, разделить культуру на стадии, этапы, что и было продемонстрировано нами неоднократно в публикациях.

На основе опыта работы в сухостепном Приуралье (восточные окраины Восточно-Европейской равнины) составлена схема климатических колебаний во второй половине голоцена (рисунок 1). На протяжении второй половины голоцена в бронзовом веке относительно засушливые периоды были зафиксированы в конце энеолита-раннеямной культуры, 48-34 века до н.э., во время, предшествовавшее появлению раннесрубной и синташтинской культур – 21-19 вв. до н.э., а относительно влажные и благоприятные по биопродуктивности степей для жизни – 33-22 вв. до н.э., 18-15 вв. до н.э. Период 21-19 вв. до н.э. (4100-3900 лет назад) отмечен как максимально аридный, его временные рамки близки к началу мегхалайского яруса (века) согласно новой стратиграфической схеме голоцена. Начало мегхалай привязано к возникновению продолжительной засухи примерно в 2250 г. до н.э. Для раннего железного века относительно влажные периоды были зарегистрированы для двух периодов: 5-2 вв. до н.э. и 2-4 в. н.э., тогда как черты более засушливых периодов были обнаружены в почвах, погребенных между 7–6 вв. до н.э. и 1 в. до н.э.–1 в. н.э. В средневековые почвы также находились под влиянием климатических колебаний: усиление аридности – в 14–15 вв. н.э., а гумидности — в 16-17 (19) вв. н.э. Микроплювиалы и короткий аридный эпизод за рассмотренное время также отражены на рисунке 1, но их наличие предположительно и требует дальнейших исследований.

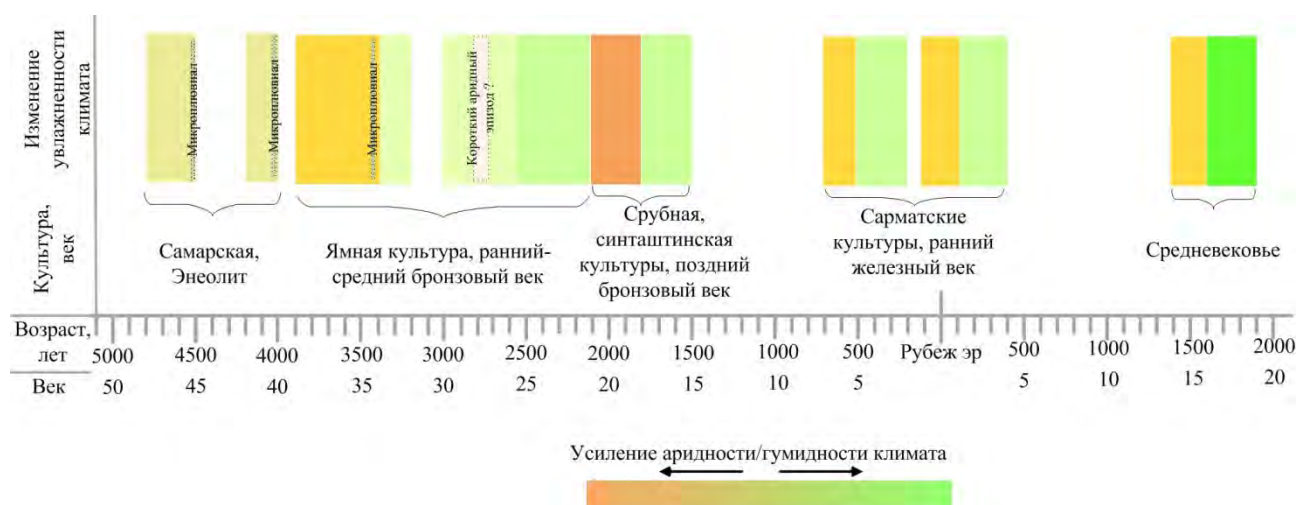


Рис. 1. Схема климатических колебаний в сухостепном Приуралье на протяжении последних 7000 лет на основе изучения свойств погребенных черноземов

Участие в конференции «Голоцен-2025» осуществляется при финансовой поддержке гранта РНФ, № 23-68-10006 на тему «Этнокультурные процессы в бронзовом и раннем железном веке».

НОВЫЕ УЧАСТКИ С АВТОМОРФНЫМИ НЕРАСПАХАННЫМИ ЧЕРНОЗЕМАМИ В СТАРООСВОЕННОЙ ЛЕСОСТЕПИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследование посвящено изучению нераспаханных черноземов лесостепной зоны юга Среднерусской возвышенности, сохранивших естественные свойства благодаря использованию исключительно в качестве сенокосов и/или выгонов. На основании применения комплексного подхода, включающего историко-картографический анализ, полевые и лабораторные исследования, выявлены 45 участков с ненарушенным почвенным покровом, на 5 участках проведены детальные исследования свойств почв. Установлено, что почвы сенокосов и выгонов обладают свойствами, характерными для почв заповедных территорий - зернистую структуру гумусового горизонта и высокие запасы органического углерода. Результаты подчеркивают важность сохранения участков старых сенокосов выгонов для изучения естественных процессов почвообразования и разработки мер по восстановлению плодородия земель.

Ключевые слова: охрана почв, мониторинг почв, запасы органического углерода, Среднерусская возвышенность

Yu.G. Chendev¹, M.A. Smirnova², A.G. Narozhnyaya¹, V.G. Belevantsev¹

¹Belgorod State National Research University, Institute of Earth Sciences, Belgorod, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia
sciences@mail.ru

NEW AREAS WITH NO TILLED AUTHOMORPHIC CHERNOZEMS IN THE LONG- CULTIVATED FOREST-STEPPE OF THE BELGOROD REGION

The study is devoted to the investigation of unplowed chernozems in the forest-steppe zone of the southern part of the Central Russian Upland, which have retained their natural properties due to their exclusive use as hayfields and/or pastures. By applying an integrated approach, including historical-cartographic analysis, field surveys, and laboratory studies, 45 sites with undisturbed soil cover were identified, and detailed investigations of soil properties were conducted on 5 of these sites. It was established that the soils of hayfields and pastures exhibit properties characteristic of soils in protected areas, such as a granular structure of the humus horizon and high reserves of organic carbon. The results emphasize the importance of preserving old hayfield and pasture sites for studying natural soil-forming processes and developing measures to restore soil fertility.

Keywords: soil conservation, soil monitoring, organic carbon stocks, Central Russian Upland

В условиях интенсивной антропогенной трансформации почвенного покрова лесостепной зоны Восточно-Европейской равнины особую актуальность приобретает изучение сохранившихся участков нативных черноземов, которые могут выступать в качестве фона для оценки изменений, вызванных хозяйственной деятельностью человека [3,4]. Такие почвы представляют ценность не только для понимания естественных процессов почвообразования, но и для разработки мер по сохранению и восстановлению плодородия черноземов.

Целью данного исследования стал поиск ареалов и анализ свойств нераспаханных черноземов на юге Среднерусской возвышенности, сохранивших свои естественные свойства благодаря их исключительному использованию в качестве сенокосов и/или

выгонов. Для этого был применен комплексный подход, включающий историко-картографический анализ выявления никогда не пахавшихся участков, результаты которого подтверждались полевыми исследованиями и лабораторными методами анализа отобранных почвенных образцов.

Выявление никогда не пахавшихся почв проводилось на основании всех имеющихся в архивах и в открытом доступе крупномасштабных карт и материалов дистанционного зондирования Земли. Первоначальный выбор перспективных территорий проводился на основе сопряженного анализа крупномасштабных топографических карт и данных дистанционного зондирования Земли – выбирались участки под естественной растительностью на водораздельных и приводораздельных пространствах с крутизной склонов менее 3 градусов. Затем, в Российском государственном архиве древних актов были собраны имеющиеся картографические данные на интересующие территории – геометрические специальные планы сел (конец XVIII – конец-середина XIX в.) масштаба 1:8400, военно-топографическая карта Курской губернии 1864 г. масштаба 1:126000. Также были использованы топографические карты середины XX в. масштаба 1:10000. Таким образом, были проанализированы материалы за исторический период с конца XVIII по начало XXI вв. Пример выявления перспективного участка исследования историко-картографическим методом показан на рисунке 1.

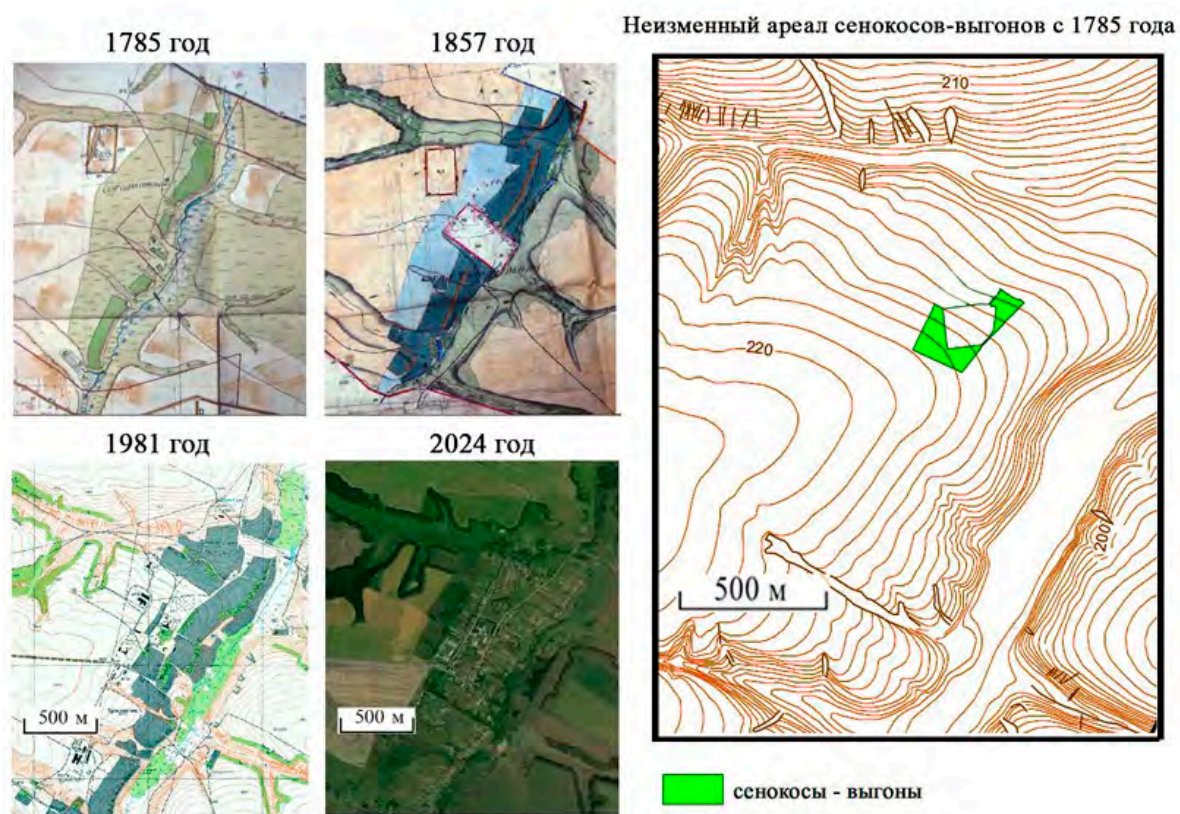


Рис. 1. Пример выявления ареалов никогда не пахавшихся черноземов историко-картографическим методом. На рисунке отображен участок «Сухосолотино»

Проведенные историко-картографические работы позволили выделить 45 перспективных участков общей площадью около 120 га. Эти территории, расположенные на водораздельных пространствах и приводораздельных склонах, никогда не подвергались распашке, что делает их уникальными объектами для исследования.

После идентификации участков проводились рекогносцировочные выезды, выполнялся опрос старожилов близлежащих деревень, осуществлялось описание растительного покрова участков, закладывались точки бурения, отбирались образцы почв для анализов. Детальные исследования, включающие заложение полнопрофильных

почвенных разрезов и послойный отбор проб, были проведены на 5 ключевых участках летом 2024 года: «Коровино», «Рождественка», «Сухосолотино», «Быковка» и «Триречное». Были выполнены определения плотности сложения почв, содержание органического углерода.

Растительный покров на исследуемых участках представлен лугово-степными ассоциациями с преобладанием злаков (пырей, костер, овсяница) и разнотравья (шалфей, тысячелистник, полынь). Косимые участки отличаются более высоким биоразнообразием и запасами фитомассы по сравнению с некосимыми, где мощность степного войлока может достигать 20 см. В качестве почвообразующих пород, преимущественно, выступали лессовидные средние и тяжелые суглинки, редко встречались красноцветные опесчаненные породы неогена и красно-бурые глины.

По результатам проведенных исследований выявлено, что ключевым морфологическим признаком отсутствия антропогенного воздействия на почвы является хорошо выраженная зернистая структура верхних горизонтов почв. Такая структура, характерная для целинных заповедных черноземов, формируется благодаря естественным процессам почвообразования, в том числе, благодаря деятельности почвенных беспозвоночных. Кроме того, в исследованных почвах на корнях трав наблюдаются специфические «гирлянды» из зернистых агрегатов, что также свидетельствует о длительной ненарушенности почвенного покрова.

Сравнение свойств исследованных никогда не пахавшихся черноземов сенокосов и выгонов с опубликованными данными по почвам заповедных территорий [1, 2, 5] свидетельствует о переуплотнении верхней части почвенного профиля почв под сенокосами и выгонами. При сравнении с распределением плотности в черноземах заповедников, повышенное уплотнение в почвах сенокосов и выгонов наблюдается до глубины 70 см, максимальное переуплотнение диагностируется на глубине до 30 см.

Черноземы исследованных сенокосов – выгонов характеризуются чуть меньшим содержанием органического углерода, чем черноземы заповедных территорий [1, 5]. Различия в плотности почв приводят к сглаживанию различий между запасами органического углерода в более богатых органическим углеродом, но более рыхлых заповедных почвах, с более плотными почвами сенокосов и выгонов. В результате, запасы органического углерода в почвах сенокосов и выгонов статистически значимо не отличаются от запасов органического углерода в почвах заповедников в слоях 0 – 20 см, 0 – 100 и 0 – 200 см и, в среднем, составляют 90 – 100 т/га, 300 – 330 т/га и 360 – 390 т/га.

Основные выводы исследования сводятся к следующему.

1. Историко-картографический метод анализа карт и данных дистанционного зондирования земли позволил выявить 45 участков никогда не пахавшихся черноземов сенокосов и выгонов.

2. Запасы органического углерода и морфологические особенности изученных почв сенокосов и выгонов соответствуют характеристикам заповедных черноземов, что подтверждает особый статус исследованных почв.

3. Почвы сенокосов и выгонов, сохранившиеся в староосвоенной лесостепи, представляют научный интерес как объекты для изучения свойств и генезиса нативных черноземов.

Продолжение исследований на новых участках позволит уточнить полученные данные и расширить представления о естественных свойствах черноземов лесостепной зоны. Учитывая, что нераспаханные черноземы сенокосов и выгонов занимают значительные площади и представлены в разнообразных условиях, свойства этих почв можно рассматривать как важный источник, дополняющий данные по свойствам заповедных территорий.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 24-17-00154).

Список литературы

1. *Афанасьева Е.А.* Черноземы Среднерусской возвышенности. М.: Наука, 1966. 224 с.
2. *Русаков А.В.* Почвы и почвенный покров Ямской степи. Санкт-Петербург: Издательский дом Санкт-Петербургского гос. ун-та, 2012. 215 с.
3. *Тишков А.А.* Новые подходы к сохранению степей староосвоенных черноземных регионов России // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 22–31. <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2024-1-22-31>
4. *Чернова О.В.* Сохранение естественных почв на охраняемых природных территориях Российской Федерации // Известия РАН. Серия географическая. 2015. № 2. С. 30–37. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2012-2-30-37>
5. *Щеглов Д.И.* Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: Наука, 1999. 214 с.

А.В. Чернов^{1, 2}, С.В. Копытов^{3, 4}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,

²Московский педагогический государственный университет, г. Москва, Россия

³Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия,

⁴Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия
alexey.chernov@inbox.ru

РЕКИ ЗАПАДНОГО СКЛОНА УРАЛА: ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ГОЛОЦЕНОВОЙ ЭВОЛЮЦИИ

В статье проведен морфологический анализ строения долин рек западного макросклона Урала – Койвы, Вильи, Усьвы, Косьвы, Яйвы, Язьвы и Вишеры. Определены особенности влияния тектоники на изменение продольного профиля, смену морфодинамических типов русла и пойменно-русловых комплексов. Дается краткая характеристика палеогеографических реконструкций, проведенных на участках Вишеры, отличающихся по геолого-геоморфологическому строению долины

Ключевые слова: пойменно-русловой комплекс, Среднее Предуралье, морфодинамический тип русла

A.V. Chernov^{1, 2}, S.V. Kopytov^{3, 4}

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia

³Perm State University, Perm, Russia

⁴Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia

alexey.chernov@inbox.ru

RIVERS OF THE WESTERN SLOPE OF THE URALS: FEATURES OF MORPHOLOGY AND HOLOCENE EVOLUTION

The article presents a morphological analysis of the river valley structures of the western slope of the Urals – Koiva, Vilya, Usva, Kosva, Yaiva, Yazva, and Vishera. It discusses the impact of tectonic activity on changes in the longitudinal profiles, morphodynamic channel types, and floodplain-channel complexes. A brief overview of paleogeographic reconstructions in the Vishera section, which differ in their geological and geomorphological valley structures, is also provided.

Keywords: floodplain-channel complex, Middle Pre-Urals, morphodynamic channel type

Одним из наименее изученных вопросов региональной геоморфологии и палеогеографии на сегодняшний день является проблема морфологии и эволюции речных долин и их водосборов в переходных зонах предгорий, где горы непосредственно переходят в равнины. Именно там резко изменяются климатические, геоморфологические, гидрологические условия, именно в таких условиях могли существовать относительно комфортные условия существования древнего человека. Изменчивые условия формирования ландшафта существовали в предгорьях всегда, но только в голоцене на таких территориях смогли сохраниться следы процессов, лежащих в основе создания современных ландшафтов и эволюции человеческих обществ.

В гумидных условиях Среднего Предуралья ведущими экзогенными рельефообразующими процессами являются флювиальные. Именно они организуют всю структуру ландшафтов предгорий. Рельеф, созданный реками, проявляется в пойменно-

русловых комплексах (ПРК) – системных образованиях, представленных активной частью – речными руслами, и пассивной – созданными ими поймами.

В большинстве случаев, реки, выходя с гор на равнину, теряют уклон, скорость и транспортирующую способность своих потоков и начинают интенсивно разветвляться на множество переплетающихся друг с другом протоков, разделённых островами. Через некоторый промежуток равновесие между уклонами (скоростями) и крупностью переносимых рекой наносов восстанавливается и русла собираются в один рукав – как правило, образуются свободные сегментные излучины и сегментно-гривистая пойма. Подобное поведение рек можно считать типичным для целого ряда предгорий – в частности, для Северного Кавказа, Карпат, северного склона Алтайских гор, восточного склона Буреинского хребта и ряда других горных систем [2].

Однако, в предгорьях западного склона Урала подобная закономерность нарушается, что тоже было отмечено в цитируемых здесь статьях. Снижение уклонов от гор к равнине происходят постепенно, и реки также постепенно изменяют свои характеристики – разветвления русел в предгорьях практически не образуются, долины рек из ущелий становятся U-образными и ящикообразными, а затем и широкопойменными [4]. Тем не менее, типы русел и пойм при этом испытывают очень сложные изменения – меняется форма свободных излучин, увеличивается их кривизна и изогнутость пойменных грив, а сложная мозаика разновозрастных пойменных генераций в предгорьях указывает на продолжающиеся в позднечетвертичное время и голоцене заметные изменения характера русловых деформаций и формирования ПРК. Речь идет о реках, стекающих с западного склона среднего и северного Урала: Койве, Вилье, Усьве, Косьве, Яйве, Язьве и Вишере. У каждой реки, помимо отсутствия разветвлений, есть еще ряд других особенностей реагирования на попадание с гор в предгорья.

В частности, эти реки можно разделить на две группы: реки южной и центральной части данного региона, (Койва, Вилья, Усьва, Косьва, Яйва), отличаются отсутствием широкопойменных участков вплоть до своих устьев – на всем протяжении они образуют практически беспойменные относительно прямолинейные врезанные русла или врезанные излучины, причудливая форма которых указывает на то, что врезание рек произошло здесь относительно недавно (т.е. в голоцене), причем вследствие тектонического подъёма предгорий, по которым эти реки здесь протекают. Врезание этих рек в коренные трудноразмываемые породы произошло достаточно быстро чтобы излучины, ранее бывшие свободными, успели бы выровнять свою в общем то случайную конфигурацию.

Река Яйва отличается своей спецификой – здесь при приближении к устью встречаются типичные широкопойменные участки, которые, однако, чередуются с врезанными излучинами.

Во вторую группу объединяются реки Вишера со своим притоком Язьвой. Участок предгорий Урала с долиной реки Вишеры исследуется более детально, чем другие – он привлекает внимание не только геоморфологической составляющей, но и наличием на берегах рек и дюнах разновозрастных археологических памятников [1].

На основе геолого-геоморфологического строения долина нижней Вишеры была разделена на 5 участков, которые моделируют поведение реки, пересекающей морфоструктуры предгорий, вытянутые параллельно самому Уральскому хребту [4]. Первый участок (горный) связан с расположением реки в Уральских горах ещё до выхода реки в котловину предгорий. Долина реки имеет глубоковрезанное русло с узкой поймой и практически не меняет своей морфологии – врезанных излучин. Здесь долина и русло Вишеры ничем не отличается от долин и русел других верхних и средних течений рек предгорий.

Длина субширотного (красновишерского) участка Вишеры (второго участка) по дну долины составляет 30 км, а по руслу – 75 км. Коэффициент извилистости Вишеры высок и составляет здесь 2,6. Вишера, пересекая днище заболоченных депрессий, испытывала

долинные перестройки, запечатленные ныне в современном плане русла и в разнообразных фрагментах её поймы, которые можно объединить в несколько разновозрастных генераций.

Через 10 км Вишера вновь попадает в пределы предуральской депрессии (третий участок). Лишенная опоры на ведущий правый берег, река вновь начинает меандрировать, но данную особенность подчеркивает здесь лишь широкое развитие сегментно-гривистой поймы со следами недавних спрямлений русла – старицами и пойменными протоками. В настоящее время происходит спрямление всех бывших излучин и приобретение руслом относительно прямолинейной формы. Извилистость русла на четвертом (редикорском) участке является лишь эпизодом, вызванным локальной причиной, и ни в коей мере не указывает на смены тенденций в развитии русла Вишеры в структурах предгорного прогиба.

Ниже по течению река Вишера вновь устойчиво прижимается к правому высокому берегу, знаменуя начала пятого (тюлькинского) участка долины. Русло вновь становится прямолинейным, долина – асимметричной, так как левый 10-метровый берег покрыт болотами. Сквозь толщу торфа угадываются следы флювиального рельефа.

Среди выделенных 5 участков долины р. Вишеры наибольшую информацию о развитии всего предгорного участка реки несет второй – красновишерский участок. Переход от горной части к широкопойменной долине на этой реке происходит резко – на протяжении 100 км уклон потока снижается с 0,73 ‰, до 0,38‰, высота бровки долины снижается с 170 м до 130 м. Это быстро и кардинально меняет морфодинамический тип русла и, как следствие, структуру ПРК не только Вишеры, но и приустьевой части, впадающей в нее Язвы.

Русло Вишеры образует здесь 9 смежных крупных свободных излучин петлеобразной формы с вершинами, упирающимися в борта долины. Крылья крупных излучин, которые можно представить, как излучины первого порядка, часто бывают осложнены меандрами второго порядка – их шпоры также имеют гривистый рельеф, но с меньшими параметрами (шагом, кривизной). Некоторые из них также являются вынужденными – их вогнутые берега опираются на коренные борта долины.

Шпоры всех излучин отличаются сложным сегментно-гривистым рельефом, представленным как разновозрастными генерациями поймы, так и останцами 1-й надпойменной террасы. Некоторые из пойменных генераций последовательно вложены в шпоры и занимают пространство от корневых участков (самых древних генераций или островных массивов первых террас) до современного русла Вишеры у выпуклых берегов излучин. Другие пойменные генерации, находясь в шпорах крупных излучин, на самом деле к ним отношения не имеют, а принадлежат древним, давно спрямленным меандрам, оставшихся от предыдущих циклов развития Вишеры. Старицы этих древних излучин также хорошо сохранились.

Анализ структуры шпор даже соседних излучин 1 порядка показывает, что их возраст не одинаков. Излучины первого порядка развивались асинхронно – одни уже достигли максимального размаха, а в некоторых уже произошли вторичные спрямления, следы которых сохранились в виде стариц и заболоченных палеорусел. Шпоры других излучин первого порядка характеризуются еще относительно простой структурой с последовательно вложенными в них пойменными генерациями.

Разновозрастные пойменные генерации в шпорах излучин первого порядка были объединены в группы [3], и дальнейшее рассмотрение истории развития долины Вишеры проводилось уже на уровне этих групп. В первую очередь, был определён их относительный возраст, т. е. группы генераций в шпорах, а, следовательно, и сами излучины были ранжированы по «старшинству» относительно друг друга.

Для восстановления реальной истории развития наиболее сложного в пределах предгорья красновишерского участка долины Вишеры были предприняты исследования по определению абсолютного возраста пойменных массивов в пределах различных групп генераций, а также (по возможности) – в пределах уже конкретных пойменных генераций внутри групп.

Полевые работы в рамках этих исследований включали в себя зачистки береговых обнажений разновозрастных элементов долины, бурение заболоченных ложбин и стариц с отбором образцов на радиоуглеродный, карпологический, спорово-пыльцевой, гранулометрический, ОСЛ-анализы, удельную магнитную восприимчивость, потери при прокаливании. Проведение радиоуглеродного датирования разновозрастных групп пойменных генераций, показало несколько достоверных периодов образования той или иной группы генераций.

Анализируя в целом весь спектр пойменных генераций и их групп на предгорном участке Вишеры, можно сказать, что имеющийся набор радиоуглеродных и OSL-дат на сегодняшний день укладывается в общую концепцию серьезных русловых переформирований в бассейне нижней Вишеры на рубеже среднего голоцена: спрямлению излучин, появлению новых меандров второго порядка, прекращению связи основного русла с затонами, началу заболачивания ложбин и стариц. Вместе с тем, дальнейшее изучение распределения различных пойменных генераций и их групп на реке Вишере позволит конкретизировать историю развития ландшафтов Среднего Предуралья на фоне изменяющихся климатических и тектонических условий позднеледниковья и голоцена.

Исследование выполнено за счет грантов Российского научного фонда № 23-17-00065, <https://rscf.ru/project/23-17-00065/> (анализ морфологических типов русел и пойм Койвы, Вилы, Усьвы, Косьвы, Яйвы) и № 23-68-10023, <https://rscf.ru/project/23-68-10023/> (палеогеографические реконструкции в долине Вишеры).

Список литературы

1. Лычагина Е.Л., Батуева Н.С., Демаков Д.А. Памятники камской неолитической культуры в Северном Прикамье // Археология Евразийских степей. 2024. № 4. С. 184–194.
2. Назаров Н.Н., Чалов Р.С., Чалов С.Р., Чернов А.В. Продольные профили, морфология и динамика русел рек горно-равнинных областей // Географический вестник. 2006. № 2(4). С. 37–47.
3. Чернов А.В. Некоторые особенности применения метода палеорусловедения на широкопойменных реках предгорий (на примере р. Вишеры) // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2024. № 5(2). С. 160–171.
4. Чернов А.В. Речные долины и речные русла (опыт совместимой типизации) // Геоморфология. 2013. № 2. С 15–22.

РИЗОПОДНЫЙ АНАЛИЗ ДЕМОНИСТРИРУЕТ ТЕСНУЮ СВЯЗ МЕЖДУ РАЗВИТИЕМ ТОРФЯНИКОВ И КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В ГОЛОЦЕНЕ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ФЕННОСКАНДИИ: (ИССЛЕДОВАНИЕ БОЛОТА БЛИЗКОЕ, ЗАПОВЕДНИК КИВАЧ)

Для изучения динамики торфяника в соответствии с изменением климата на юго-востоке Фенноскандии исследовали осадки болота Близкое в государственном природном заповеднике «Кивач». Результаты рентгено-флуоресцентного анализа глинистой части керна (487–310 см) показали аллохтонный характер накопления микроэлементов Fe, Ca и Si в озере, и увеличение соотношения Ca/Si, что свидетельствует о снижении его уровня и реакции на потепление климата около 9000 лет. Ризоподный анализ торфяной части (310–0 см) выявил три стадии развития экосистемы торфяника – переувлажнённая сфагновая славина (9000–3775 кал. л.н.), достаточно сухое болото с преобладанием ксерофильных сообществ (3775–1000 кал. л.н.), возрастание влажности в начале средневековой климатической аномалии (~1250 кал. л.н.), и формирование верхового болота с высоким видовым разнообразием раковинных амёб (1000 кал. л.н. – настоящее время). Полученные результаты отражают тесную связь динамики сообществ раковинных амёб с колебаниями влажности и температуры в изучаемом регионе в течение голоцена.

Ключевые слова: торфяники, раковинные амёбы, рентген-флуоресцентный анализ, палеорекострукция, голоцен, тайга

A.D. Chulei¹, D.O. Sadokov², N.G. Mazei¹, A.N. Tsyganov¹, Yu.A. Mazei¹

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

²*Shenzhen MSU-BIT University, Shenzhen, China*

Artem957148@yandex.ru

TESTATE AMOEBA ANALYSIS DEMONSTRATES STRONG CONNECTIONS BETWEEN PEATLAND DEVELOPMENT AND HOLOCENE CLIMATE CHANGE IN SOUTHEAST FENNOSCANDIA: CASE STUDY FROM KUVACH RESERVE

To study peatland dynamics in relation to climate change in southeast Fennoscandia, sediments from Blizkoe Bog in the Kuvach State Nature Reserve were analyzed. X-ray fluorescence analysis of the clay section (487–310 cm) revealed allochthonous accumulation of microelements Fe, Ca, and Si in the lake, with an increased Ca/Si ratio indicating lake level decline and climate warming around 9,000 years ago. Testate amoeba analysis of the peat section (310–0 cm) identified three ecosystem development stages: a waterlogged Sphagnum-rich phase (9000–3775 cal yr BP), a relatively dry phase dominated by xerophilous communities (3775–1000 cal yr BP), and increasing moisture at the onset of the Medieval Climate Anomaly (~1250 cal yr BP), followed by the formation of a raised bog with high testate amoeba diversity (1000 cal yr BP to present). These results reflect a strong link between testate amoeba community dynamics and fluctuations in humidity and temperature in the region throughout the Holocene.

Keywords: peat bogs, testate amoebae, X-ray fluorescence analysis, paleoreconstruction, Holocene, taiga

Изучение взаимосвязи изменений климата и состояния торфяных болот – одна из наиболее актуальных проблем современной экологии, т.к. торф представляет собой важный резервуар углерода, и динамика его состояния вносит существенный вклад в глобальный цикл углерода [7]. Для того чтобы понять эту взаимосвязь необходимо изучать

долгосрочную взаимосвязанную динамику климата и состояния болотных экосистем в течение голоцена. Подобные оценки становятся возможными благодаря использованию различных методов палеоэкологической реконструкции, среди которых одним из важнейших является ризоподный анализ, который позволяет реконструировать локальную влажность торфяников по структуре фоссильных сообществ раковинных амёб [1]. Раковинные амёбы – это полифилетическая группа одноклеточных микроорганизмов, которые чувствительны к изменению некоторых факторов среды (влажность, pH, температура). Целью работы – реконструировать закономерности изменений торфяного болота в течение голоцена по результатам анализа торфяных отложений, отобранных в природном заповеднике «Кивач» (подзона средней тайги) методом ризоподного анализа и сопоставление этих изменений с палеоклиматом (по литературным данным). Территория расположена в таежной климатической зоне, растительность представлена хвойными (елово-сосновыми) лесами.

На болото Близкое (62.26822° с.ш., 33.99328° в.д.) был отобран керн мощностью 487 см с помощью ручного торфяного бура. Керн был разрезан на последовательные образцы толщиной 2 см. Приготовление образцов для ризоподного и рентген-флуоресцентного (РФА) анализов осуществлялось в соответствии со стандартными методиками пробоподготовки [4, 8]. Определение возраста отложений проводили методом радиоуглеродного датирования (¹⁴C AMS, Институт геохимии Китайской академии наук) шести образцов. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась в программной среде R.

Отложения представлены глинистыми осадками на глубине 487–310 см и торфом на глубинах 310–0 см. Согласно радиоуглеродному датированию, возраст нижних слоёв торфяной части керна – 9000 калиброванных лет назад (кал.л.н.). Результаты РФА сканирования глинистой части отложений показали, что элементный состав Fe, Ca и Si соответствует аллохтонному накоплению неорганической фракции [2]. В распределении минерагенных элементов (Fe, Si и Ca) хорошо заметны колебания содержания, связанные с интенсивностью и темпами поступления неорганического материала в озеро, которое обуславливается выветриванием на водосборе и колебаниями уровня воды. Характерный спад количества минерагенных элементов и синхронный рост Ca/Si выражен в верхней части глинистой секции керна (глубина 310–315 см). Увеличение соотношения Ca/Si связано выпадения в осадок неорганического кальцита и свидетельствует об улучшенном прогревании воды в озере, как следствие снижения его уровня и общего тренда к потеплению климата [2]. Это одновременно характеризует переход от глинистых осадков к торфу, закономерно указывая на рост палеотемператур, послужившего фактором быстрого развития болотной растительности в обмелевшем водоеме. Это произошло 9000 кал.л.н. и связано с начавшимся потеплением на юго-востоке Фенноскандии после оледенения [3].

Ризоподный анализ субфоссильных сообществ в торфяной залежи позволяет выделить четыре зоны, отличающиеся по видовому разнообразию и структуре сообществ протистов. Зона 1 (9000–3775 кал.л.н.) характеризуется наличием типичного комплекса видов – сфагнобионтов (*Hyalosphenia papilio*, *Archerella flavum*) с существенной долей пресноводных видов (*Cyclopyxis eurystoma*, *Arcella vulgaris*, *Centropyxis elongata*), что отражает условия переувлажненного сфагнового болота. Такая стадия просуществовала более пяти тысяч лет, до 3775 кал.л.н., когда сообщества раковинных амёб трансформировались, отражая изменения самой экосистемы. Зона 2 (3775–1980 кал.л.н.) и Зона 3 (1980–1000 кал.л.н.) характеризуется значительной изменчивостью во времени и преобладанием и ксерофильных видов (*Centropyxis orbicularis*, *Bullinularia indica*, *Arcella catinus*, *Trigonopyxis arcula*) при полном исчезновении многих сфагнобионтов, таких как *Hyalosphenia papilio* и *Assulina muscorum*. Это, в сочетании с резким уменьшением количества идентифицируемых остатков раковинных амёб, указывает на резкое повышение засушливости региона. Период 3800–3700 кал.л.н. определяет начало периода с достаточно частыми флуктуациями влажности и температуры с преобладанием более холодных и сухих периодов [5]. К концу Зоны 3 появляются гидрофильные и сфагнобинтные виды (*Pseudonebela rubescens*, *Argygnia dentistoma*, *Physochila griseola*, *Trinema lineare*), что отражает повышение влажности в начале

средневековой климатической аномалии, 1250 кал.л.н. [6], что способствовало формированию полночленной экосистемы сфагнового болота в течение 250 лет. Зона 4 (1000 кал. лет назад – настоящее время) характеризуется преобладанием типично сфагнобионтных видов (*Hyalosphenia papilio*, *Alabasta militaris*, *Nebela tinctoria*, *Hyalosphenia elegans*) и высоким видовым разнообразием амёб, отражающим формирование верхового болота с благоприятной влажностью.

Таким образом, проведенное исследование показало, что динамика торфяных болот тесно связана с климатическими изменениями в голоцене, особенно с колебаниями влажности и температуры. Ризоподный анализ позволил охарактеризовать трансформацию состояния торфяника, отражающую переход от переувлажнённых условий к более засушливым и обратно к влажным в соответствии с динамикой климата в голоцене в юго-восточной части Фенноскандии. Накопление подобных данных и последующих их мета-анализ позволит лучше понять вклад болот в глобальный углеродный цикл и прогнозировать их реакцию на будущие климатические изменения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 24-14-00065.

Список литературы

1. Babeshko K., Shkurko A., Tsyganov A., Severova E., Galka M., Payne R., Mauquoy D., Mazei N., Fatynina Yu., Krasnova E., Saldaev D., Voronov D., Zazovskaya E., Mazei Yu. A multiproxy reconstruction of peatland development and regional vegetation changes in subarctic NE Fennoscandia (the Republic of Karelia, Russia) during the Holocene // *The Holocene*. 2021. Vol. 31. P. 421–432.
2. Davies S., Lamb H., Roberts S. Micro-XRF core scanning in palaeolimnology: recent developments / Micro-XRF studies of sediment cores: applications of a non-destructive tool for the environmental sciences, *Developments in palaeoenvironmental research*. I.W. Croudace, R.G. Rothwell. (Eds.). 2015. Vol. 17. P. 189–226.
3. Gerasimov D., Kriiska A. Early-Middle Holocene archaeological periodization and environmental changes in the Eastern Gulf of Finland: Interpretative correlation // *Quaternary International*. 2018. № 465. P. 298–313.
4. Givélet N., Le Roux G., Cheburkin A., Chen B., Frank J., Goodsite M., Kempter H., Krachler M., Noernberg T., Rausch N., Rheinberger S., Roos-Barracough F., Sapkota A., Scholz Ch., Shotyk W. Suggested protocol for collecting, handling and preparing peat cores and peat samples for physical, chemical, mineralogical and isotopic analyses // *Journal of Environmental Monitoring*. 2004. T. 6. №. 5. C. 481–492.
5. Helama S., Herva H., Uusitalo J., Moir A., Mielikainen K., Nojd P., Oinonen M., Sutinen, R. Depositional history of peatland pines (*Pinus sylvestris* L.) in NW Enontekiö, Finnish Lapland: implications for Middle Holocene drought and temperature fluctuations // *Boreas*. 2023. Vol. 52. P. 427–439. <https://doi.org/10.1111/bor.12616>
6. Linderholm H., Björklund J., Seftigen K., Gunnarson B., Grudd H., Jeong J.-H., Drobyshev I., Liu, Y. Dendroclimatology in Fennoscandia – from past accomplishments to future potential // *Climate of the Past*. 2010. Vol. 6. P. 93–114. <https://doi.org/10.5194/cp-6-93-2010>
7. Mander Ü., Espenberg M., Melling L., Kull A. Peatland restoration pathways to mitigate greenhouse gas emissions and retain peat carbon // *Biogeochemistry*. 2024. Vol. 167. P. 523–543. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01103-1>
8. Mazei Y., Chernyshov V. Testate amoebae communities in the southern tundra and forest-tundra of Western Siberia // *Biology Bulletin*. 2011. Vol. 38. Iss. 8. P. 789–796.

ОЦЕНКА ПОСЛЕПОЖАРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПЛОСКОБУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

При помощи мультиспектральных космических снимков спутников серии Landsat на шести участках разновременных гарей на плоскобугристых торфяниках Западной Сибири изучена динамика изменений вегетационных индексов, температуры подстилающей поверхности и альбедо. Результаты показали значимые различия в первый год после пожара, дальнейший рост и выравнивание с фоновыми всех исследуемых показателей, за исключением альбедо.

Ключевые слова: Landsat, температура земной поверхности, пожары, вегетационные индексы

U.Yu. Shavrina^{1, 2}, L.G. Kolesnichenko¹, B.A. Mikhaleiko¹, N.A. Zhabina¹

¹National research Tomsk State university, Tomsk, Russia

²Pasvik State Nature Reserve, Nikel, Russia

ulyanashavrina@yandex.ru

ASSESSMENT OF POST-FIRE CHANGES IN PALSAS PLATEAU USING REMOTE SENSING DATA

Using multispectral satellite imagery from the Landsat series, we studied the dynamics of vegetation indices, land surface temperature, and albedo on six sites of different-aged burn scars located in palsas plateau of Western Siberia. The results revealed significant differences in the first year after fire, followed by a gradual increase and convergence of all studied parameters with background values, with the exception of albedo.

Keywords: Landsat, land surface temperature, fire, vegetation index

Пожары являются одним из ключевых факторов, изменяющих структуру и динамику экосистем. Они оказывают как краткосрочное, так и долгосрочное воздействие на различные характеристики экосистем, включая биогеохимические и механические свойства почв, гидрологический и тепловой режим почв, состояние растительности и биоразнообразие [1-3]. Прогнозируется, что частота пожаров, их интенсивность и размеры будут увеличиваться почти во всех биомах, что может значительно усилить их влияние на экосистемные процессы [4].

Цель исследования: выявление послепожарных изменений плоскобугристых торфяников на участках, подвергшихся пожарам в разные годы, с использованием данных спутников Landsat.

Территория исследований находится в зоне бугристых торфяников в Ямало-Ненецком автономном округе.

При использовании ресурса Google Earth Timelapse нами отобраны участки, пострадавшие от пожаров в 1990, 2000, 2007, 2012 и 2016 годах. На основе данных спутников серии Landsat рассчитаны вегетационные индексы NDVI и SWVI, температура земной поверхности и альбедо. Альбедо рассчитывалось по формуле, представленной в Liang [5] для Landsat 4-5 TM and Landsat 7 ETM+, для Landsat 8 использовалась адаптированная формула [6]. Для расчета LST (температура земной поверхности) применялся одноканальный метод (the single-channel method) [7]. По допожарному снимку выбраны участки с одинаковыми температурами на буграх будущей гари и фоновом участке.

Каждый участок пожара сравнивали с прилегающим фоновым участком для выявления различий в температурах и вегетационных индексах.

На всех ключевых территориях отмечены значительные послепожарные изменения (рис. 1).

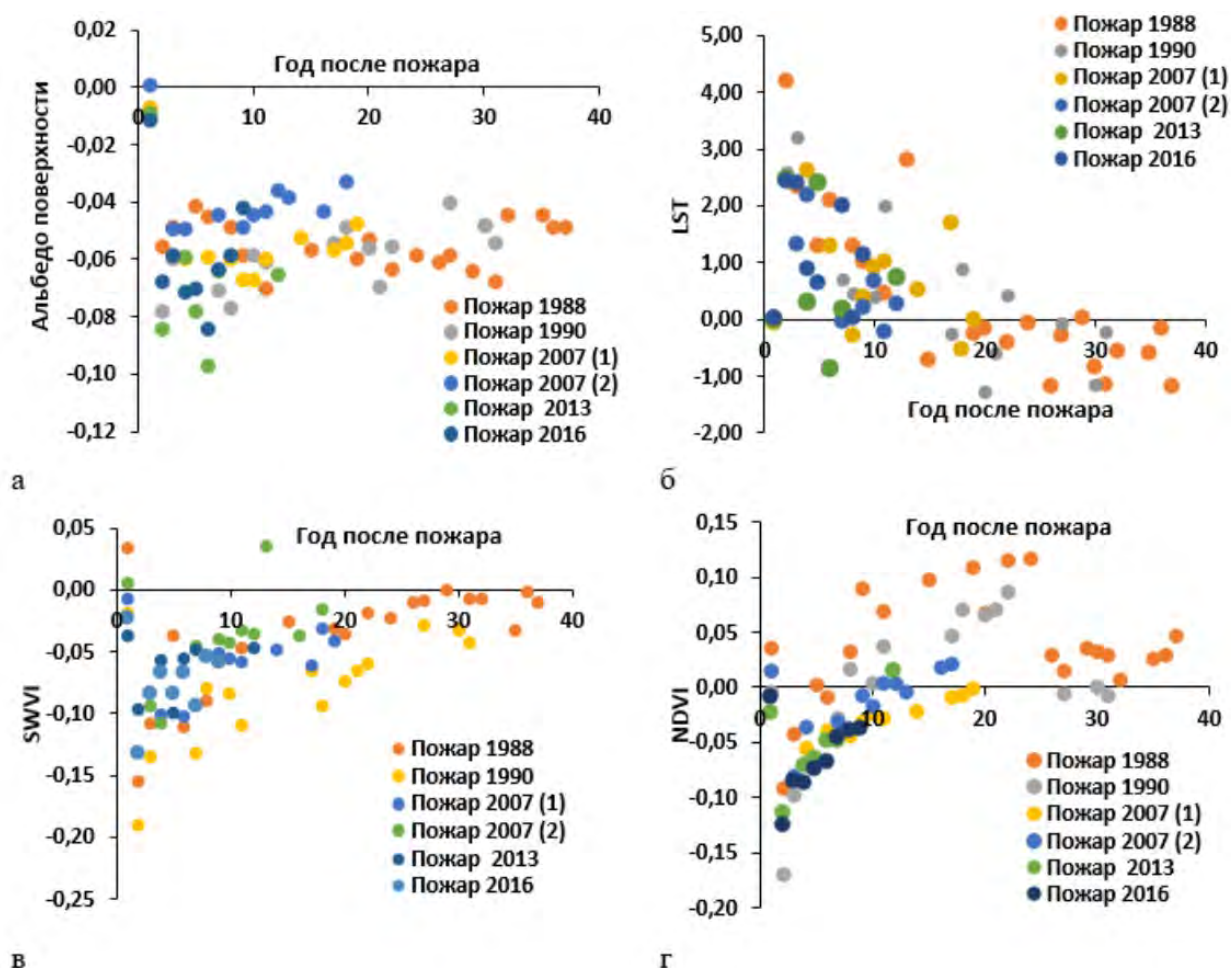


Рис. 1. Изменение разницы в значениях альbedo (а), температурах поверхности (б), SWVI (в), NDVI (г), на гаях и фоновых участках

На основе статистического анализа (критерий Манна-Уитни) установлено, что альbedo поверхности на пострадавших участках значительно возрастает после пожара и даже спустя 30 лет не возвращается к фоновым значениям. Однако, превышение температур поверхности на гаях по сравнению с фоновыми участками наблюдается только на протяжении пяти - десяти лет. Причем наибольшие различия отмечены в первый год после пожара, в дальнейшем они начинают постепенно сглаживаться. В 2024 году разница в температурах выявлена только на участке пожара 2016 года. Вероятно, большую роль в изменении температур играет трансформация влажности на послепожарном участке, что можно увидеть, используя индекс SWVI. Так же, как и с температурами, в первый год после пожара на гаях значения этого индекса, а, следовательно, и влажности, значительно ниже. В последующие годы влажность поверхности послепожарной территории растет и через десятилетие после пожаров становится выше фоновой.

В связи с сильным повреждением растительности во время пожара, индекс NDVI снижается почти до нуля. В последующие годы этот показатель на гаях интенсивно растет и быстро восстанавливается до фоновых значений, а в ряде случаев и превышает фон, что связано, вероятно, изменением гидротермического режима и условий питания, обусловивших интенсивное развитие кустарничков на гари, что было отмечено в ходе проведения полевых исследований [8].

Список литературы

1. Farid A., Alam M., Goli V., Akin I., Akinleye T., Chen X., Cheng Q., Cleall P., Cuomo S., Foresta V., Ge S., Iervolino L., Iradukunda P., Luce C. H., Koda E., Mickovski S., O'Kelly B., Paleologos E., Peduto D., Ricketts E., Sadegh M., Sarris T., Singh D., Singh P., Tang C.-S., Tardío G., Vaverková M., Veneris M., Winkler J. A review of the occurrence and causes for wildfires and their impacts on the geoenvironment // *Fire*. 2024. Vol. 7. Iss. 8. P. 295. <https://doi.org/10.3390/fire7080295>
2. Loranty M., McGuire A., Treat C. Changing ecosystem influences on soil thermal regimes in northern high-latitude regions // *Biogeosciences*. 2018. Vol. 15. Iss. 15. P. 5287–5302.
3. Ribeiro Diaz L., Delcourt C., Langer M., Loranty M., Rogers B., Scholten R., Shestakova T., Talucci A., Vonk J., Wangchuk S., Veraverbeke S. Environmental drivers and remote sensing proxies of post-fire thaw depth in eastern Siberian larch forests // *Earth System Dynamics*. 2024. Vol. 15. Iss. 6. P. 1459–1482.
4. Sayedi S. S., Abbott B. W., Vannière B., Leys B., Colombaroli D., Gil-Romera G., Słowiński M., Aleman J., Blarquez O., Feurdean A., Brown K., Aakala T., Alenius T., Allen K., Andrič M., Bergeron Y., Biagioni S., Bradshaw R., Bremond L., Brisset E., Brooks J., Camara-Brugger S., Brussel T., Cadd H., Cagliero E., Carcaillet C., Carter V., Catry F., Champreux A., Emeline C., Chavardès R., Chipman M., Conedera M., Connor S., Constantine M., Mustaphi C., Dabengwa A., Daniels W., Boer E., Dietze E., Estrany J., Fernandes P., Finsinger W., Flantua S., Fox-Hughes P., Gaboriau D., Gayó E., Girardin M., Glenn J., Glückler R., Gonzalez C., Groves M., Hamilton D., Hamilton R., Hantson S., Hapsari K., Hardiman M., Hawthorne D., Hoffman K., Inoue J., Karp T., Krebs P., Kulkarni C., Kuosmanen N., Lacourse T., Ledru M.-P., Lestienne M., Long C., López-Sáez J., Loughlin N., Niklasson M., Madrigal J., Maezumi S., Marcisz K., Mariani M., McWethy D., Meyer G., Molinari C., Montoya E., Mooney S., Morales-Molino C., Morris J., Moss P., Oliveras I., Pereira J., Pezzatti G., Pickarski N., Pini R., Rehn E., Remy C., Revelles J., Rius D., Robin V., Ruan Y., Rudaya N., Russell-smith J., Seppä H., Shumilovskikh L., Sommers W., Tavşanoğlu C., Umbanhowar C., Flores E., Urrego D., Vachula R., Wallenius T., You C., Daniau A.-L. Assessing changes in global fire regimes // *Fire Ecology*. 2024. Vol. 20. Iss. 1. P. 18. <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00237-9>
5. Liang S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: Algorithms // *Remote Sensing of Environment*. 2001. Vol. 76. Iss. 2. P. 213–238.
6. Naegeli K., Paul F., Kääb A. Cross-comparison of albedo products for glacier surfaces derived from airborne and satellite Sentinel-2 and Landsat 8 optical data // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9. Iss. 2. P. 110.
7. Sobrino J.A., Jiménez-Muñoz J.C., Paolini L. Land surface temperature retrieval from Landsat 5 Thematic Mapper thermal band // *Remote Sensing of Environment*. 2004. Vol. 90. Iss. 4. P. 434–440.
8. Koneva V., Shavrina U., Byzaakay A., Kolesnichenko Y., Vorobyev S., Kolesnichenko L. Changes in lichen cover composition on plateau palsas in Western Siberia under the impact of fires // *Acta Biologica Sibirica*. 2024. Vol. 10. P. 1647–1663. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14403633>

А.Е. Шатунов
Институт географии РАН, г. Москва, Россия
toxavilli@yandex.ru

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ ПОЖАРНЫХ СОБЫТИЙ НА СРЕДНЕСИБИРСКОМ ПЛАТО В ГОЛОЦЕНЕ

Для исследования частоты пожарных событий на Среднесибирском плоскогорье было изучено 3 ключевых участка: п. Туруханск – западная часть, п. Тура – центральная и п. Ванавара – южная. В результате исследований было выявлено, что в районе Туруханска пожарная активность отмечалась только в интервале 6300-4600 кал.л.н в наиболее теплый период голоцена. В более континентальных условиях около Туры пожары фиксировались 7800-4500, 3700-2700, 2000-1200 кал.л.н в условиях повышения температуры и незначительного повышения осадков либо при снижении количества осадков. На ключевом участке Ванавара пожары с 12000 до 11300, 8900 до 7800 кал.л.н., но из-за наличия хиатусов и тафономии полностью изучить пожарный режим территории за весь голоцен не удалось.

Ключевые слова: палеопожары, Средняя Сибирь, болота, тайга

A.E. Shatunov
Institute of Geography RAS, Moscow, Russia
toxavilli@yandex.ru

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF FIRE EVENT FREQUENCY ON THE CENTRAL SIBERIAN PLATEAU DURING THE HOLOCENE

To study the frequency of fire events on the Central Siberian Plateau, three key sites were examined: the settlement of Turukhansk (western part), the settlement of Tura (central part), and the settlement of Vanavara (southern part). The research revealed that in the Turukhansk area, fire activity was recorded only within the interval of 6300-4600 cal yr BP during the warmest period of the Holocene. Under the more continental conditions near Tura, fires were documented from 7800-4500, 3700-2700, and 2000-1200 cal yr BP. These periods occurred during times of rising temperature coupled with either a slight increase in precipitation or a decrease in precipitation. At the Vanavara key site, fires were recorded from 12,000 to 11,300 and from 8900 to 7800 cal yr BP. However, due to the presence of hiatuses and taphonomic issues, it was not possible to fully reconstruct the fire regime of this territory for the entire Holocene.

Keywords: paleofires, Central Siberia, peatland, taiga

Изучение истории развития геосистем – это ключевой метод для понимания их долгосрочной реакции на региональные изменения климата и влияние человека [1]. Особую роль в трансформации ландшафтов и изменении биоразнообразия играют пожары. Реконструкция пожарной активности в прошлом и её влияния на эволюцию природных комплексов критически важна для формирования стратегий по сохранению и управлению лесными [5] и болотными экосистемами, что вносит значительный вклад в изучение устойчивости биосферы. При этом сведения о палеопожарах голоцена имеют неравномерное распределение, в результате чего такие регионы, как Приенисейская Сибирь, остаются слабо исследованными [7].

Основной целью исследования стало изучение пожарных режимов в южной и центральной частях Среднесибирского плоскогорья в голоцене. Для этого было изучено 3 ключевых участка: Туруханск, Тура и Ванавара. Ключевой участок Туруханск (65.81° с.ш., 87.97° в.д.) расположен на западе и относится к области менее континентального климата. Ключевой участок Тура (64.27° с.ш., 100.20° в.д.) напротив – в центральной части с большей континентальностью. На обоих участках преобладают лиственничные и вторичные

березовые леса в зоне многолетней мерзлоты. Ключевой участок Ванавара (60.31° с.ш., 102.30° в. д.) относится к области континентального климата и расположен в зоне средней тайги с преобладанием сосновых и лиственничных лесов.

Радиоуглеродное датирование образцов было выполнено в ЦКП "Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии" ИГ РАН и в Центре ускорительной масс-спектрометрии Института окружающей среды Земли Академии наук КНР (Сиань, КНР). Скорость накопления торфа была рассчитана с использованием модели роста отложений в библиотеке Bacon версия 2.3.9.1 в программной среде R.

Для анализа макроскопических частиц угля из кернов отобраны образцы объемом 1 см^3 с шагом 1 см. Образцы обработаны 5% раствором H_2O_2 в течение 24 часов. После пробоподготовки проведена фотофиксация частиц в чашке Петри, а подсчет макрочастиц угля осуществлялся методом бинаризации изображения по методу Оцу [3]. Реконструкция скорости аккумуляции макрочастиц угля выполнена с использованием библиотеки *taras* для R [6] только для торфяной части залежи. Все графические материалы были построены в программной среде R. Вейвлет анализ для выявления циклических закономерностей в скорости аккумуляции макрочастиц угля выполнялась в программе Python с использованием библиотек *ruwt*, *numpy*, *pandas*, *matplotlib*, *pyplot*, *scipy*.

На ключевом участке Туруханск результаты исследования показали, что болото Березовое, базальный слой которого датируется возрастом 9500 кал. л.н., не имеет в нижней части залежи макрочастиц угля. Около 6200 кал. л.н. здесь зафиксирован сильный пожар, после которого началось активное торфонакопление. Выделены два этапа пожарной активности: первый (6300–4600 кал. л.н.) с пиками скорости аккумуляции угля до $1.2 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$ и второй (после 4600 кал. л.н.) с резким снижением активности, за исключением слабого пика около 4200 кал. л.н. Болото Красное Солнце также демонстрирует следы пожара в интервале 6800–6400 кал. л.н., после которого началось формирование торфяной залежи. Наибольшая пожарная активность здесь зафиксирована в период 6400–6050 кал. л.н. с пиками до $2.5 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$. В верхних слоях (20 см) обнаружены современные угольные частицы, вероятно антропогенного происхождения и могут быть связаны с деятельностью местной котельной. В отличие от этих двух болот, в болоте Дальнее, расположенном на второй надпойменной террасе, значимых концентраций угля не выявлено. С помощью вейвлет анализа для обоих болот было выявлено увеличение скорости аккумуляции макрочастиц угля в промежутке 8000–4000 кал.л.н. циклически один раз в 1100–1400 лет, а также раз в 200 лет.

Для ключевого участка Тура было изучено было изучено два болота. Макроугольные частицы были обнаружены в обоих торфяных архивах со схожим временем поступления. Болото Горное начало свое развитие с 8600 кал.л.н., но до 7800 кал.л.н. скорость аккумуляции макрочастиц угля не превышала $0.5 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$. С 7800 до 6000 кал.л.н. пожарные события отмечаются раз в 400–600 лет, скорость аккумуляции возрастает до $1\text{--}1.5 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$, что приходится на период с малым количеством осадков по данным климатических реконструкций на полуострове Таймыр [4]. Для промежутка времени от 6000 до 5500 кал.л.н. обнаружено снижение скорости аккумуляции угля до $0.5 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$, что, вероятно, связано с увеличением влажности климата [4]. В следующую тысячу лет (5500–4500 кал.л.н.) частота пожаров вновь увеличивается до одного пожара раз в 400–600 лет, аккумуляция возрастает до $1 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$ в связи со снижением количества осадков [4]. С 4500 до 3700 кал.л.н. пожарные события отсутствуют, скорость аккумуляции колеблется около нуля, что, возможно, связано со снижением температуры при сохранении относительно высокого количества осадков [4]. Высокая скорость аккумуляции угля характерна для интервала 3700–2700 кал.л.н., когда пиковые значения достигают $5 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$, а межпожарный интервал составляет 100–200 лет, что совпадает с увеличением температуры в то же время [4]. Затем пожарная интенсивность падает, пожары не наблюдаются, скорость аккумуляции угля снижается до $0.3 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$ и ниже. Начиная с 2000 по 1200 кал.л.н. пожары отмечаются раз в 200–300 лет, скорость вновь возрастает до $3 \text{ ч/см}^2 \cdot \text{год}$, что также совпадает по времени с

ростом [4]. После пожарной активности не наблюдается вплоть до 500 кал.л.н., когда пожары становятся столь же часты, а скорость аккумуляции достигает максимальных 6 ч/см²·год. В болоте Нижняя Тунгуска базальный горизонт датируется 7600 кал.л.н., но аккумуляция угля отмечается лишь с 6800 кал.л.н. С 6800 до 5500 кал.л.н. пожарные события отмечаются раз в 400-600 лет, как и в болоте Горное, но скорость аккумуляции угля ниже, пиковые значения составляют 0.2-0.3 ч/см²·год. Затем с 5500 до 5000 кал.л.н. скорость аккумуляции угля падает до нуля. Но в период с 5000 до 4500 кал.л.н. пожарный интервал составил около 300 лет, а скорость аккумуляции угля превышала 0.5 ч/см²·год и даже превышала 1 ч/см²·год. После отмечается перерыв в накоплении торфа, вновь отложения стали накапливаться 800 кал.л.н. Отмечается одно пожарное событие около 800 кал.л.н., а после с 500 кал.л.н. по настоящее время с частотой один раз в 100-200 лет и скорость аккумуляции от 1 до 4 ч/см²·год. С помощью вейвлет анализа для обоих болот было выявлены закономерные изменения скорости аккумуляции макрочастиц угля длительностью 200, 500 и 1400 лет на всем протяжении истории болот.

На ключевом участке Ванавара было изучено одно болото на 1 НПТ реки Подкаменная Тунгуска. Была пробурена скважина глубиной 250 см, базальный горизонт которой датируется 12680 кал.л.н. Первое пожарное событие датируется около 12000 кал.л.н. со скоростью аккумуляции 3 ч/см²·год. С 11700 до 11300 кал.л.н. отмечается 2 пожарных события 11600 и 11400 кал.л.н., а скорость аккумуляции на этом промежутке 7-15 ч/см²·год и более. Вероятно, пожарная активность в регионе была связана с потеплением в раннем голоцене [4]. Затем до 8900 кал.л.н. был обнаружен перерыв осадконакопления. С 8900 до 7800 кал.л.н. отмечается 4 пожарных события с интервалом 200-300 лет, при этом скорость аккумуляции макрочастиц угля высока и колеблется от 7 ч/см²·год до пиковых значений в 18 ч/см²·год, что, вероятно, также связано с потеплением [4]. После снова отмечается hiatus, который завершается началом торфонакопления 5400 кал.л.н. С 5400 по настоящее время отмечается всего 6 пожарных событий около 5300, 5170, 2600, 1770, 1700 и 1500 кал.л.н. При этом скорость аккумуляции макрочастиц угля большую часть времени нулевая, а пиковые значения достигают 0.2-0.8 ч/см²·год. Имеющиеся исследования в регионе по данным озерных осадков (Рогозин и др., 2023) охватывают промежуток с 1750 года по настоящее время. Согласно этим данным, скорость аккумуляции угля в среднем составляла 1 ч/см²·год, а пиковые достигали 3 ч/см²·год [2]. В болоте Ванавара за этот промежуток времени аккумуляция макрочастиц угля не обнаружена. Возможно, с началом накопления торфа макрочастицы угля, откладывающиеся на поверхности болота, смывались с поверхностным стоком и не откладывались, что и привело отсутствию макрочастиц угля в торфяных отложениях болота Ванавара, в то время как в озерных отложениях по меньшей мере с 1750 года они отмечаются [2]. С помощью вейвлет анализа в болоте Ванавара были выявлены закономерные изменения скорости аккумуляции макрочастиц угля длительностью 200, 500, 1000 и 2200 лет.

В середине голоцена (с 6200 на ключевом участке Туруханск, с 7800 на ключевом участке Тура до 4500 кал.л.н. на обоих ключевых участках) пожарная активность обнаружена на обоих расположенных на севере ключевых участках и спадает в примерно одно и то же время. Вероятно, эти пожары обусловлены климатически, поскольку происходят в наиболее теплый интервал голоцена. Важно отметить, что на ключевом участке Туруханск, предположительно, пожары были менее распространены, поскольку фиксируются только в одном торфяном архиве. В дальнейшем пожары обнаруживаются только на ключевом участке Тура в интервале 3700-2700 кал.л.н., 2000-1200 кал.л.н. и начиная 500 кал.л.н. Интервал 3700-2700 совпадает с увеличением температуры около 3400 кал.л.н. и ее снижением при одновременном уменьшении осадков 3200-2600 кал.л.н. Аналогично, с ростом температуры связано усиление пожарной активности на ключевом участке Тура в интервале 2000-1200 лет. Выявление пожарных событий с 500 кал.л.н. по настоящее время приходится на малый ледниковый период, и, возможно, связано с усилением континентальности. В Ванаваре пожары отмечаются с раннего голоцена, а

скорость аккумуляции макрочастиц угля наибольшая по сравнению с остальными ключевыми участками, что, вероятно, связано с расположением в зоне средней тайги. Однако из-за хиатусов и особенностей тафономии макрочастиц угля было возможно изучить историю пожаров только в промежутке 12680-11300, 8900-7800 кал.л.н., и с осторожностью с 5400 кал.л.н. по настоящее время. Таким образом, в условиях менее континентального климата на ключевом участке Туруханск пожарные события отмечаются только в наиболее теплый период голоцена. В более континентальных условиях на ключевом участке Тура смена пожарных режимов происходит при меньших климатических колебаниях. А в более южной Ванаваре пожары отмечаются с раннего голоцена. Также с помощью вейвлет анализа на ключевых участках Туруханск и Тура было выявлено циклическое увеличение скорости макрочастиц угля длительностью около 1400 лет, на ключевых участках Тура и Ванавара около 500 лет, только на ключевом участке Ванавара 2200 лет, а также 200 лет на всех ключевых участках.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Величко А.А. Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 564 с.
2. Rogozin D.Yu., Burdin L.A., Mejdus A.V. Угольные макрочастицы в донных отложениях озера Суздалево (Красноярский край, Эвенкия) как индикатор природных пожаров: к проблеме Тунгусской катастрофы 1908 г. // Журнал СФУ. Биология. 2023. № 3.
3. Шатунов А.Е., Мазей Н.Г., Новенко Е.Ю. Метод анализа макроскопических частиц угля в озерных и болотных отложениях по цифровому изображению для палеогеографических реконструкций // Геоморфология и палеогеография. 2025. Т. 56. № 2. С. 341–354. <https://doi.org/10.31857/S2949178925020118>
4. Andreev A., Siegert C., Klimanov V., Derevyagin A., Shilova G., Melles M. Late Pleistocene and Holocene Vegetation and Climate on the Taymyr Lowland, Northern Siberia // Quaternary Research. 2002. Vol. 57. P. 138–150. <https://doi.org/10.1006/qres.2001.2302>
5. Finsinger W., Morales-Molino C., Galka M., Valsecchi V., Bojovic S., Tinner W. Holocene vegetation and fire dynamics at Crveni Potok, a small mire in the Dinaric Alps (Tara National Park, Serbia) // Quaternary Science Reviews. 2017. Iss. 167. P. 63–77.
6. Finsinger W., Bonnici I. Tapas: an R package to perform trend and peaks analysis. 2022. 20 p.
7. Global Paleofire Database. URL: <https://www.paleofire.org/index.php> (дата обращения: 12.05.2023).

ФАЦИАЛЬНЫЕ И ПРИРОДНЫЕ ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ДВУХ МАЛЫХ ОЗЕРАХ КАРЕЛЬСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ

В работе рассмотрены результаты диатомового и спорово-пыльцевого анализов донных отложений двух озер, расположенных на Карельском берегу Белого моря на абсолютных отметках 29 и 30 м. Показаны характерные для морской, переходной и пресноводной фаций диатомовые комплексы. Кратко освещена история развития растительности. Особое внимание уделено особенностям формирования палиноспектров во время перехода от морских условий к пресноводным. Установлено время отделения водоемов от Белого моря.

Ключевые слова: диатомовый анализ, спорово-пыльцевой анализ, донные отложения, Карельский берег, Белое море

T.S. Shelekhova, N.B. Lavrova
Institute of Geology, Karelian Research Center RAS, Petrozavodsk, Russia
shelekh@krc.karelia.ru, lavrova@krc.karelia.ru

FACIES AND NATURAL CONDITIONS OF ACCUMULATION OF BOTTOM SEDIMENTS IN TWO SMALL LAKES OF THE KARELIAN COAST OF THE WHITE SEA

The paper discusses the results of diatom and spore-pollen analyzes of bottom sediments of two lakes located at an altitude of 29 and 30 m within the Karelian coast of the White Sea. Diatom assemblages characteristic of marine, transitional and freshwater facies are shown. The history of vegetation development is briefly covered. Particular attention is paid to the features of the formation of palynospectra during the transition from marine to freshwater conditions. The time of separation of the reservoirs from the White Sea has been established.

Keywords: diatom analysis, spore-pollen analysis, bottom sediments, Karelian coast, White sea

Введение. Особый интерес для изучения становления ландшафтов в голоцене представляет приморская территория севера Карелии, подвергавшаяся трансгрессивно-регрессивной деятельности моря. С целью изучения миграции положения береговой линии ранее проводились исследования донных отложений разновысотных малых озер, расположенных на Карельском и Поморском берегу Белого моря [2; 3]. В настоящей работе обсуждаются результаты микропалеонтологического изучения колонок донных осадков двух озер, расположенных на Карельском Берегу Белого моря: в районе Корабельной бухты – Кор-1 (абс. отм. уреза воды ~30 м); в районе о. Соностров – Сон-1 (абс. отм. ~29 м). Озера находятся на расстоянии 18-20 км друг от друга.

Рельеф исследуемой территории представляет собой сочетание выступов денудационно-тектонических блоков кристаллического фундамента, сложенных гранитоидными образованиями тоналит-трондьемит-гранодиоритовой ассоциации, практически лишенных рыхлого четвертичного покрова на отметках выше 50 м н.у.м. и плоских морских террас, сложенных песчаными, иногда песчано-гравийными отложениями и наклоненных в сторону моря [7].

Климат умеренно континентальный с чертами морского. Среднегодовая температура воздуха от 0 до +3°C, средняя температура февраля – 10,5 °C, июля 13-14°C. Годовое количество осадков ~ 400 мм [4]. Для структуры почвенного покрова материкового побережья Кандалакшского залива характерно большое разнообразие почв, что обусловлено

высокой вариабельностью элементов рельефа, литологического состава, режима увлажнения [1]. Территория относится к подзоне северной тайги. На большей части территории преобладают сосняки брусничные и черничные с примесью ели и березы. Еловые леса занимают небольшие участки на пологих склонах и у их подножий, березняки располагаются узкой полосой вдоль берега моря, по долинам рек и ручьев.

Материалы и методы. Исследования выполнены с использованием комплекса методов: спорово-пыльцевого, диатомового, радиоуглеродного и др. Подробно методика работ описана в ряде статей [5-7].

Результаты и обсуждение. Начало седиментации в условиях морского бассейна зафиксировано в донных отложениях озера Сон-1 в раннем голоцене, когда накапливались глинистые алевриты, в озере Кор-1 – в среднем голоцене, когда накапливались алевриты с песком, что подтверждается данными спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализов. Состав диатомовых комплексов в морских осадках озера Сон-1 представлен: *Hyalodiscus* sp., *Grammatophora* sp., *Paralia sulcata*, *Trachyneis aspera*, *Rhabdonema* sp. *Amphora* sp., *Diploneis* sp. и др.

В донных осадках озера Кор-1 в морской фации выделяются два этапа развития диатомового комплекса. На первом этапе флора формировалась в более глубоководных условиях, когда преобладали главным образом полигалобы (25 до 62%): *Plagiogramma staurophorum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira excentrica*, *Th. antarctica*, *Pinnularia quadratarea*, *Odonthella aurita*, *Opephora marina*, *Paralia sulcata*, *Navicula rhombica*, *Navicula digitoradiata*, *N. recta*, *N. directa*, *N. rostellata*, *N. ammophila*, *Hyalodiscus* sp, *scoticus*, *Lyrella* sp., *L. cryptolyra*, *L. forcipata*, *Grammatophora angulosa*, *G. arctica*, *G. sp*, *G. marina*, *G. hamulifera*, *G. oceanica*, *Dimerogramma minor*, *Chaetoceros* sp., *Cocconeis costata*. Многочисленны и разнообразны мезогалобы: *Campilodiscus clypeus* *Amphora costulata* *holsatica angusta* *proteus*, *Anaulus maritimus*, *Achnanthes brevipes*, *Ach. longiceps*, sp., *Diploneis litoralis*, *D. subcincta*, *D. smithii*, *D. interrupta*, *Mastogloia smithi*, *M. elliptica*, *M. pumila*, *Melosira moniliformis*, *Navicula costulata* (cinta), *N. accomoda*, *Nitzschia apiculata*, *Pinnularia quadratarea*, *Pleurosigma* sp., *Rhabdonema minutum*, *marina*, *arcuatum*, *Rhopalodia gibberula*, *Rh. operculata*, *Rh. musculus*. Им по разнообразию не уступают галофилы: *Achnanthes clevei*, *Ach. delicatula*, *Ach. biasoletiana*, *Ach. haushiana* v. *rostrata*, *Amphora coffeaformis*, *Cyclotella meneghiniana*, *Diploneis ovalis*, *Epithemia zebra*+v. *saxonica*, *Ep. turgida*, *Fragilaria subsalina*, *F. virescense*, *F. pinnata*+ v. *lancetula*, *Gyrosigma acuminatum*, *G. scalproides* v. *eximia*, *Navicula salinarum*, *N. cryptocephala*, *N. rhyncocephala*, *N. gracilis*, *N. graciloides*, *N. viridula*, *N. hungarica*. Доля пресноводного комплекса не превышала 2-6 %. Он представлен единичными творками диатомовых родов *Fragilaria* (*Staurosira*), *Navicula*, *Amphora*, *Achnanthes*.

Накопление глинистых алевритов (Сон-1) и алевритов с песком, переходящих в алевриты с примесью гиттии (Кор-1) в морских условиях косвенно подтверждается также находками в отложениях пыльцы растений галофитов *Plantago maritima*, *Aster-type* (*Tripolium vulgare*), *Salicornia herbacea*, *Atriplex nudicaulis*. Вполне вероятно, что к галофитам также относится пыльца *Caryophyllaceae*, *Juncaginaceae*, этим семействам принадлежат распространенные на засоленных отмелях побережья Белого моря *Stellaria humifusa* и *Triglochin maritima*. В палиноспектрах донных отложений обоих озер господствует пыльца *Pinus*, содоминантом является *Betula* sect. *Albae*, главным образом *Betula pubescens*. В раннем голоцене на прилегающей суше господствовали северотаежные сосновые и березово-сосновые леса.

Осадки среднего голоцена в обоих озерах представлены алевритами с примесью гиттии, гиттией с растительными остатками. В этот период установились оптимальные климатические условия, о чем свидетельствует появление в палиноспектрах донных отложений пыльцы широколиственных пород и ольхи черной. Леса приобрели среднетаежный облик. В палиноспектрах доминирует пыльца *Pinus* и *Betula* sect. *Albae*, причем на протяжении среднего голоцена их соотношение меняется. В отложениях озера Сон-1 при доминировании пыльцы сосны повышается вклад березы, что могло быть

определено постепенным приближением береговой линии и уменьшением глубины моря. Известно, что в морских осадках больше всего пыльцы аккумулируется в прибрежной зоне, в глубоководных условиях преобладает сосна, что связано с морфологическими особенностями ее пыльцевых зерен.

Накопление осадков, представленных алевроитами с примесью гиттии, в обоих озерах происходило в изолирующихся от морского бассейна мелководных водоемах, в которые во время приливов еще поступала морская вода. Отделение котловин будущих озер Сон-1 и Кор-1 от основного бассейна, повлекшее за собой смену седиментационной обстановки, происходило соответственно около 6500 и 5650 кал.л.н. с разной скоростью. Отделение озера Сон-1 от моря длилось примерно 200 лет, территория поднималась со скоростью 35 мм/год, а озера Кор -1 ~ 480 лет – со скоростью 0,1-0,2 мм/год. На быстрое катастрофическое отделение Сон-1 от морского залива указывает малая мощность переходной зоны – 4 см и время, за которое отделился водоем. Несмотря на почти одинаковую мощность переходной зоны в озере Кор-1 – 5 см, время его отделения от моря, судя по радиоуглеродным датировкам, было больше ~ 480 лет. Диатомовый комплекс переходной зоны в озере Сон-1 представлен солоноватоводными видами (до 60-40%), пресноводными *Fragilaria sensu lato* (*Fragilariforma constricta*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Pseudostaurosira parasitica*, *Staurosira venter*), единичным участием *Discotella stelligera*, *Epithemia* sp., *Navicula radiosa*, *Tabellaria flocculosa*, *Ulnaria ulna* и др. – 50%. В озере Кор-1 резко сокращается доля полигалобов и мезогалобов, а роль галофилов, наоборот, возрастает. Полигалобы не превышают 3-7%, мезогалобы – 6-8%, галофилы – 40%. Среди галофилов доминируют *F. pinnata*+v. *lancetula*, *Navicula radiosa*, *N. cryptocephala*, *N. rhyncocephala* и др. Пресноводный комплекс представлен *Fragilaria* (*Staurosira*, *Fragilariforma*) *brevistriata*, единичными *Eunotia*, *Cyclotella*, *Cymbella*.

Во вмещающих осадках, соответствующих по данным литологии и диатомового анализа переходным условиям от морских к пресноводным, как в одном, так и в другом разрезе одновременно с пыльцой галофитов встречена пыльца растений пресноводных водоемов (*Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*) и споры *Isoetes*. В отложениях озера Кор-1 отмечен пик пыльцы *Betula* sect. *Albae*, он сопровождается увеличением участия *Alnus* и *Рoaceae*. Вверх по разрезу в отложениях происходит перераспределение доминантов палиноспектров в пользу *Pinus*, а затем вновь - *Betula* sect. *Albae*. тогда как в отложениях озера Сон-1 господствует пыльца *Pinus* на протяжении всего времени накопления осадков. Вероятно, пик пыльцы березы был обусловлен относительно быстрым отступанием моря и распространением березы на освободившейся от воды территории. Постепенно сосна увеличила участие в древостое и вновь заняла господствующее положение. В дальнейшем формирование палиноспектров происходило под влиянием локальных факторов, и было связано с приуроченностью березы к побережью озера Кор-1, то есть к местам с повышенным увлажнением. В позднем голоцене, согласно анализу отложений озера Сон-1, на окружающей территории произрастали северотаежные сосновые леса, березняки тяготели к окрайкам болот, придолинным участкам.

Диатомовый комплекс пресноводной фации в осадках озера Сон-1, представленных гиттией и торфом, характеризуется доминированием видов *Fragilaria sensu lato*, *Aulacoseira* sp., *Frustulia saxonica*, *Tabellaria* sp., *Brachysira zellensis*, *Pantocsekiella ocellata*, единичным участием форм обрастаний *Cymbella* sp., *Eunotia* sp., *Gomphonema acuminatum*, *Tetracyclus lacustris*, *Ulnaria ulna*, донных *Pinnularia* sp. и морских видов. Диатомовая флора озерной фации озера Кор-1 отличается довольно разнообразной пресноводной флорой из родов *Achnantes*, *Amphora*, *Aulacoseira*, *Cymbella*, *Navicula*, *Anomoeoneis*, *Cocconeis*, *Eunotia*, *Epithemia*, *Gomphonema*, *Nitzschia* и др.

Заключение. Отделение озер происходило в среднем голоцене: около 6500 л.н. отделилось озеро Сон-1 и около 5800 к.л.н. отделилось озеро Кор-1. Однако, отделение озера Сон-1 было довольно быстрым, а озера Кор-1 длилось более длительное время, что было связано, вероятно, с разной скоростью постгляциологического движения блоков

кристаллического фундамента. Палиноспектры донных осадков отражают как региональную, так и локальную растительность, а состав диатомовых комплексов, имея достаточно близкие экологические характеристики, отражает разные размеры водоемов, их глубину и другие факторы.

Работа выполнена в рамках темы НИР Института геологии Карельского научного центра РАН № FMEN-2023-0008.

Авторы благодарят коллег Ваикова А.А. и Толстоброва Д.С. (Геологический институт, Кольский научный центр РАН, г. Апатиты) за отбор образцов и предоставление их для микропалеонтологических исследований.

Список литературы

1. Евдокимова Т.И. О характере почвенного покрова территории Беломорской станции МГУ // Почвоведение. 1972. № 3.
2. Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Арсланов Х.А. Перемещение береговой линии Белого моря и гляциоизостатическое поднятие суши в голоцене (район поселка Кузема, северная Карелия) // Докл. АН. 2012. Т. 442. № 2. С. 263–267.
3. Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Арсланов Х.А. Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на Карельском берегу (район пос. Энгозеро, северная Карелия) // Докл. АН. 2013. Т. 449. № 5. С. 587–592.
4. Романов А.А. О климате Карелии. Петрозаводск, 1961. 139 с.
5. Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Ваиков А.А., Толстобров Д.С. Палеогеографические реконструкции природной среды на Карельском берегу Белого моря (район о. Соностров) // Морские и озёрные бассейны восточной периферии Балтийского щита в четвертичное время: Материалы Всероссийской конференции и полевого симпозиума, г. Апатиты, 10–15 сентября, 2024. С. 108–112. <https://doi.org/10.37614/978.5.91137.520.1.029>
6. Shelekhova T., Lobanova N., Lavrova N., Rodionov G. Paleogeographic conditions of human habitation on the Karelian coast of the White Sea in the Late-Holocene (ChupaTown, Karelia, Russia). The Holocene. 2021. Vol. 32. Iss. 2. <https://doi.org/10.1177/09596836211041733>
7. Shelekhova T., Lavrova N., Lobanova N., Tolstobrov D., Vashkov A., Lazareva O., Rodionov G. Paleogeographical reconstructions of the Holocene environment on the Karelian shore of the White Sea (Keret area, Russia). The Holocene. 2024. Vol. 34. Iss. 3. P. 306–324. <https://doi.org/10.1177/09596836231211871>

Научное издание

Динамика экосистем в голоцене

Материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием
(г. Пермь, ПГНИУ, 20–24 октября 2025 г.).

Пермь: Товарищество научных изданий КМК, 482 с.

Издается в авторской редакции
Компьютерная верстка: *С.Д. Мельникова*

Объем данных 25 Мб
Подписано к использованию 01.11.2025

Размещено в открытом доступе
на сайте <https://sev-in.ru/DynamicsofecosystemsinttheHolocene>
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Управление издательской деятельности Пермского государственного
национального исследовательского университета
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15

