



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.И. ГЕРЦЕНА
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЭВОЛЮЦИИ ИМ. А.Н. СЕВЕРЦОВА РАН
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРАЛЬСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РАН

Динамика экосистем в голоцене

Сборник статей VI всероссийской научной конференции
(с международным участием)
17-21 октября 2022 года

Санкт-Петербург
2022

УДК 911.5
ББК 20/26/28/63.4

Ответственные редакторы:
Д.А. Субетто

Редакционная коллегия:
*А.Б. Савинецкий, Е.Ю. Новенко, Н.Е. Зарецкая, Н.В. Соколова, В.В. Брылкин, И.М. Греков,
Л.С. Сырых, Ю.А. Кублицкий, П.А. Леонтьев*

Техническое редактирование:
Н.В. Соколова, В.В. Брылкин, А.В. Пронина, А.А. Тюрина

Динамика экосистем в голоцене. Сборник статей по материалам всероссийской научной конференции, Санкт-Петербург, 17-21 октября 2022 года / Отв. ред. Д.А. Субетто, – СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. – 516 с.

Dynamics of ecosystems in the Holocene. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference, St. Petersburg, October 17-21, 2022/ by ed. D.A. Subetto, – St. Petersburg: Publ. house of Herzen State Pedagogical University of Russia, 2022. – 516 p.

В настоящем сборнике представлены материалы «VI всероссийской научной конференции (с международным участием) «**Динамика экосистем в голоцене**», которая состоялась 17-21 октября 2022 года в РГПУ им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург. Тематика работ охватывает широкий круг вопросов, связанных с палеогеографией голоцена. Представленные доклады разделены на 4 основных направления: динамика морских, пресноводных и наземных экосистем, ландшафтно-климатические изменения, природные катастрофы в голоцене, человек и динамика экосистем.

Сборник адресован широкому кругу специалистов в области палеогеографии, четвертичной геологии, микропалеонтологии, палеоэкологии, а также студентам и аспирантам вузов соответствующих специальностей.

Материалы публикуются в авторской редакции

Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена

© Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2022

© Авторы статей, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ДИНАМИКА МОРСКИХ, ПРЕСНОВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ГОЛОЦЕНЕ

А.Р. Агатова, Р.К. Непоп, В.С. Мыглан, А.В. Тайник, М.О. Филатова, В.В. Баринов РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОБОПОДГОТОВКИ ДРЕВЕСНЫХ УГЛЕЙ ДЛЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ УГЛЕЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ АЛТАЯ.....	12
А.Р. Агатова, Р.К. Непоп, П. Моска, О.Н. Успенская МАКСИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ОЗЕРА УРЭГ-НУР (СЗ МОНГОЛИЯ) В ГОЛОЦЕНЕ: СЛЕДСТВИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОСЛЕДНЕГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ИЛИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ?.....	17
С.В. Александров ДИНАМИКА БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЭКОСИСТЕМ ЛАГУН БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, ЭВТРОФИКАЦИИ И «ЦВЕТЕНИЙ» ЦИАНОБАКТЕРИЙ.....	20
О.П. Бачура, Т.В. Лобанова РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕЧНОГО БОБРА (CASTOR FIBER L., 1758) НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ.....	25
В.В. Гасилин, М.М. Девяшин, Н.А. Пластеева СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ ВЕРХНЕГО ПРИОБЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ.....	30
Е.А. Голикова, И.Б. Вольтский, М.А. Варфоломеева, С.А. Корсун ФАУНА ВЫСОКОШИРОТНЫХ ФОРАМИНИФЕР НА ЛИТОРАЛИ ШПИЦБЕРГЕНА.....	35
Ю.А. Горбунова, С.В. Александров СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА И ФОСФОРА В ВЫБРОСАХ МАКРОФИТОБЕНТОСА НА РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ЮГО- ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ.....	39
А.А. Гурина, Р.Ю. Дудко, А.А. Легалов ДИНАМИКА ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ ОТ МИС-2 К СОВРЕМЕННОСТИ НА СЕВЕРЕ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ.....	43
Е.С. Деркач МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ НИВАЛЬНО-ГЛЯЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАЛОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА АРИДНОГО АЛТАЯ.....	47
В.А. Дикарёв ИСТОРИЯ ЧОКРАКСКОГО ОЗЕРА – НОВЫЕ ДАННЫЕ.....	52
О.Г. Занина, Д.А. Лопатина ОСОБЕННОСТИ ТАФОНОМИИ БИОМОРФ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В КРИОЛИТОЗОНЕ.....	57
Н.Е. Зарецкая, В.М. Хайтов ГОЛОЦЕНОВЫЕ ТАФОЦЕНОЗЫ МАЛАКОФАУНЫ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ: НОВЫЕ ДАННЫЕ.....	61
И.А. Идрисов ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ТЕРСКО-СУЛАКСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ.....	66
Л.И. Инишева, Е.В. Порохина ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ СИСТЕМ НА ЗАПАДНО- СИБИРСКОЙ РАВНИНЕ В ПРОШЛОМ И НАСТОЯЩЕМ.....	70

Т.С. Ключиткина, Е.А. Новичкова, Л.А. Киреенко, М.П. Чеховская, М.Д. Кравчишина МИКРОВОДОРОСЛИ В КОЛОНКЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ АМК-6150 И ИХ РОЛЬ В РЕКОНСТРУКЦИИ ГОЛОЦЕНОВОЙ ИСТОРИИ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ.....	75
О.А. Крылович, С.В. Самсонов, Е.А. Кузьмичева, К.А. Савина, А.Б. Савинецкий ЭКОЛОГИЯ БЕЛОСПИННОГО АЛЬБАТРОСА (PHOEBASTRIA ALBATRUS) АЛЕУТСКИХ О-ВОВ В ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА КОЛЛАГЕНА КОСТЕЙ).....	80
Д.Д. Кузнецов, А.В. Лудикова, Д.А. Субетто, П.А. Леонтьев, И.М. Греков, М.С. Потехин, Т.В. Сапелко, Л.С. Сырых, Д.С. Толстобров ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР ОСТРОВА АНЗЕР (СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА, БЕЛОЕ МОРЕ).....	84
Л.А. Кулешова, Л.Д. Баширова, Д.А. Смирнова ОТРАЖЕНИЕ ХОЛОДНЫХ СОБЫТИЙ ГОЛОЦЕНА В ОСАДКАХ ДРИФТА ГАРДАР.....	86
О.В. Лазарева, Н.Б. Лаврова ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ОЗЕР НА ПОБЕРЕЖЬЕ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ.....	90
Д.М. Лобачева, Е.Н. Бадюкова, Р.Р. Макшаев НИЖНЯЯ ВОЛГА В НАЧАЛЕ ГОЛОЦЕНА.....	94
М.С. Лукьянычева, Р.Н. Курбанов ПРИМЕНЕНИЕ КОСМОГЕННОГО ДАТИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ГОЛОЦЕНА.....	99
Р.Р. Макшаев, Е.Н. Бадюкова, Е.Ю. Матлахова, Д.М. Лобачева, Е.И. Лысенко, А.А. Бердникова, С.А. Котеньков, Д.С. Соловьев ДИНАМИКА РУСЛОВОЙ СЕТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ В КОНТЕКСТЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ СЕМИБУГОРИНСКОГО АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	102
А.Г. Матуль, Е.А. Новичкова, Г.Х. Казарина, М.Д. Кравчишина, Н.В. Козина, Е.В. Грачева, В. Рахаман ПОЗДНИЙ ГОЛОЦЕН СУБАРКТИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ И СЕВЕРОЕВРОПЕЙСКИХ МОРЕЙ.....	106
А.А. Неплюхина, М.А. Гололобова РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИИ ВОДОЕМА НА О. АДАК (АЛЕУТСКИЕ ОСТРОВА, США) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА ТОРФЯНОГО ОТЛОЖЕНИЯ.....	109
Н.М. Нигматуллин, Г.Р. Нигаматзянова, Э.А. Валиева, Д.К. Нургалиев, Л.А. Фролова ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА ШИРА (РЕСПУБЛИКА ХАКАССИЯ) НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СУБФОССИЛЬНЫХ CLADOCERA.....	114
Е.А. Овсепян, М.А. Зенина, Я.С. Овсепян СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ОСАДКА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОУСЛОВИЙ.....	118

Я.С. Овсепян, Е.А. Овсепян, Н.О. Гречихина, Е.Е. Талденкова, Я.К. Джин СОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ И МОРЯ ЛАПТЕВЫХ.....	121
Е.П. Пономаренко, Л.Д. Баширова, Т.Л. Пугачёва УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В РАЙОНЕ РАЗЛОМА ЧАРЛИ-ГИББС В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ–ГОЛОЦЕНЕ.....	125
А.С. Прокушкин, Д.А. Полосухина, М.П. Прокушкина, С.И. Сериков, Д.А. Куприянов, Е.Ю. Новенко ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ЛЬДА ТОРФЯНЫХ БУТРОВ ПУЧЕНИЯ И ФОРМИРУЮЩИХ ЕГО ВОД ЭКОТОНА ЛЕСОТУНДРЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ.....	129
Т.Л. Пугачёва Е.П., Пономаренко, Л.Д. Баширова УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ГДАНЬСКОМ БАССЕЙНЕ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ...	134
Т.Ю. Репкина, Ю.А. Кублицкий, П.А. Леонтьев, Д.Н. Левкова, В.А. Василюк УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ: О. ЖИЖГИН.....	138
А.Е. Рыбалко, Т.Ю. Репкина, Н.Е. Зарецкая, О.П. Корсакова, Д.А. Субетто, П.Ю. Беляев, А.А. Вашков РАЗВИТИЕ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ.....	143
Ю.В. Рыжов, В.А. Голубцов ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЫЕ И ГОЛОЦЕНОВЫЕ ЛЁССОВЫЕ ПОРОДЫ И ПОЧВЫ В БАССЕЙНЕ Р. КУЙТУНКИ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ): СОСТАВ, ГЕНЕЗИС, ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ.....	148
А.Б. Савинецкий ПТИЦЫ В ГОЛОЦЕНЕ.....	152
С.В. Самсонов, С.В. Фомин, О.А. Крылович, Е.А. Кузьмичева, Е.Г. Мамаев, К.А. Савина, О.И. Смышляева, А.Б. Савинецкий БАКЛАНЫ КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ.....	156
М.А. Смирнов, Д.В. Дорохов АБИОТИЧЕСКОЕ КРУПНОМАСШТАБНОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПОДВОДНОГО БЕРЕГОВОГО СКЛОНА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ САМБИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	161
Н.Г. Смирнов, Ю.Э. Кропачева МАСШТАБЫ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГОЛОЦЕНЕ.....	166
Н.А. Соколова, О.А. Крылович, А.А. Лисенкова, А.Б. Савинецкий, П.А. Сорокин, Б.Ф. Хасанов, М.В. Холодова ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСКОПАЕМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ КАЗАРОВ В ГОЛОЦЕНЕ.....	170
А.О. Усольцева МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАГНОСТИЧНЫХ ЗУБОВ <i>СLETHRIONOMYS RUTILUS</i> ИЗ ПЕЩЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, РОССИЯ).....	174
Р.М. Хантемиров, В.В. Кукарских СОБЫТИЯ МИЯКЕ, НОВАЯ КАЛИБРОВОЧНАЯ КРИВАЯ И РАДИОУГЛЕРОДНЫЕ ДАТИРОВКИ С ТОЧНОСТЬЮ В ОДИН ГОД: ВКЛАД ЯМАЛЬСКОЙ СВЕРХДЛИТЕЛЬНОЙ ХРОНОЛОГИИ.....	179

М.А. Харитоновна, Д.К. Нургалиев, Г.Р. Нигаматзянова, Н.М. Нигматуллин, М.Н. Синягина, Л.А. Фролова МЕТАНОКИСЛЯЮЩИЕ БАКТЕРИИ В СТРУКТУРЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА КАНДРЫКУЛЬ.....	183
Л.В. Шашерина, А.В. Панин, Н.В. Карпущина, Н.Н. Нарышкина, Е.О. Мухаметшина ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВНУТРИДОЛИННОГО ОЗЕРА ШНИТКИНО (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ) И ЕГО РАЗВИТИЕ В ГОЛОЦЕНЕ.....	187
Т.С. Шелехова, Ю.С. Тихонова ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ГОЛОЦЕНА В ДОННЫХ ОСАДКАХ МАЛЫХ ОЗЕР НА КАРЕЛЬСКОМ БЕРЕГУ БЕЛОГО МОРЯ (РАЙОН ПОС. КЕРЕТЬ, КАРЕЛИЯ).....	192
К.С. Якимова, Е.А. Новичкова, М.Д. Кравчишина, Е.М. Крылова ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВЫСОКОШИРОТНОГО ДРИФТА КВЕЙТОЛА В ГОЛОЦЕНЕ.....	197
ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ГОЛОЦЕНЕ	
Н.Б. Афанасьева ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ШАЛГО-БОДУНОВСКОГО ЛЕСА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК "РУССКИЙ СЕВЕР").....	202
П.С. Белянин, Н.И. Белянина ОТКЛИК ДОЛИННЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В СРЕДНЕМ-ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ.....	207
О.К. Борисова, Н.Н. Нарышкина, А.В. Панин КОРОТКОПЕРИОДНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ В СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ РОССИИ В НАЧАЛЕ ГОЛОЦЕНА.....	211
Н.И. Глушанкова НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕДОГЕНЕЗА В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА НА РУССКОЙ РАВНИНЕ.....	216
Н.М. Горбач, В.В. Старцев, А.С. Мазур, А.С. Прокушкин, А.А. Дымов ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА СВОЙСТВА ТОРФЯНЫХ ОЛИГОТРОФНЫХ ПОЧВ В ГОЛОЦЕНЕ (СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ ЕНИСЕЯ).....	220
Л.А. Горланова, В.В. Кукарских, Р.М. Хантемиров ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ЗА 5 500 ЛЕТ.....	225
А.В. Гренадерова, А.Б. Михайлова РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ГОЛОЦЕНА В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ.....	230
О.А. Дружинина МЕТАЛЛЫ В ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАК ИНДИКАТОРЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ПЕРИОДЫ КАМНЯ И ПАЛЕОМЕТАЛЛА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗ. КАМЫШОВОЕ (ЮВ ПРИБАЛТИКА).....	234

А.В. Кирдянов, В.В. Шишов, П.Дж. Крустик, А. Арсак, А.А. Кирдянова, В.В. Кукарских, А.И. Фертиков, У. Бюнтген ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ПРОБЛЕМЫ ДИВЕРГЕНЦИИ В ДЕНДРОКЛИМАТОЛОГИИ.....	236
Н.В. Кобелева, Ю.И. Прейс СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ БОЛОТ ЮЖНЫХ ТУНДР В ГОЛОЦЕНЕ (ТАЗОВСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ).....	240
Ю.А. Кублицкий, П.А. Леонтьев, С.Р. Веркулич, Д.А. Субетто ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПОЛУОСТРОВЕ ФАЙЛДС ОСТРОВА КИНГ ДЖОРДЖ (ЗАПАДНЫЙ СЕКТОР АНТАРКТИКИ).....	245
Ф.Г. Курбанова, Е.А. Константинов ПАЛЕОЛАНДШАФТНЫЕ ИНДИКАТОРЫ В ПОЧВЕННО-СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ ЛЕТОПИСИ ПАМЯТНИКА ВЕРХНЕГО ПАЛЕОЛИТА КОСТЕНКИ-17.....	249
С.И. Ларин, Н.С. Ларина, В.А. Алексеева УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ГРИВ И ПОЧВ ТОБОЛ-ИШИМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО ДАНЫМ ПРОФИЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ.....	254
Н.С. Ларина, С.И. Ларин, Е.Е. Китаева, В.В. Шкуренко ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОГРЕБЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ ПРИИШИМЬЯ.....	258
М.П. Лебедева, Р.Э. Мусаэлян, Т.В. Романис, Е.Б. Варламов, А.О. Макеев МИНЕРАЛОГО-МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ СУХОСТЕПНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ.....	262
Н.А. Лемешко, В.П. Евстигнеев, А.В. Русаков, Ю.В. Симонова, А.П. Морозов СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ИХ ПРОГНОЗ ДЛЯ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ.....	267
О.А. Леонова, Е.М. Волкова ИНТЕНСИВНОСТЬ АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕРОДА В ГЕНЕЗИСЕ РАЗНЫХ ТИПОВ ВОДРАЗДЕЛЬНЫХ БОЛОТ НА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	272
Н. Г. Мазей, К. А. Бородина, Д.А. Куприянов, Р.Р. Бичурин, Е.Ю. Новенко ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ МОРДОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ.....	276
А.Б. Михайлова, А.В. Гренадерова РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ В ГОЛОЦЕНЕ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ).....	281
Р.Э. Мусаэлян, М.П. Лебедева, Е.Б. Варламов ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НИЖНЕХВАЛЫНСКИХ ШОКОЛАДНЫХ ГЛИН НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ.....	284
Е.О. Мухаметшина, О.К. Борисова, А.Л. Захаров СУБФОССИЛЬНЫЕ СПОРОВО- ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ ГОРНЫХ РАЙОНОВ НА ПРИМЕРЕ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА.....	289

А.Н. Неретина, А.А. Котов, В.В. Тумская, Е.Д. Варакина, Е.И. Изюмова, А.А. Жаров, Ю.Ю. Давыдова ОСТАТКИ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA: CLADOCERA) В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ.....	292
Г.Р. Нигаматзянова, Н.М. Нигматуллин, Г.Б. Федоров, Л.А. Фролова ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА НЕЙТО-МАЛТО.....	296
М.Р. Павлова, А.А. Галанин ВОЗРАСТ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕТЬЕЙ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ Р. ЛЕНА (НА ПРИМЕРЕ ОБНАЖЕНИЯ ПЕСЧАНАЯ ГОРА), ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ.....	300
Н.М. Писарчук, Д.А. Куприянов, А.В. Тимашкова, А.А. Кукса, А.Е. Шатунов, К.А. Бородина ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ БЕЛОРУССКО-ВАЛДАЙСКОГО ПООЗЕРЬЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ.....	305
Л.А. Погосян, С.Н. Седов, Т. Пи-Пуиг ФОРМИРОВАНИЕ ФРАДЖИПЕНА НА ПРИМЕРЕ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В КАРЕЛИИ.....	311
А.М. Прокашев, Е.С. Соболева, А.С. Матушкин К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ СЕРЫХ ПОЧВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ.....	314
Н.Г. Разжигаева, Л.А. Ганзей, Т.А. Гребенникова, Л.М. Мохова, В.В. Пономарев, В.В. Чаков, М.А. Климин АЛЛОХТОННЫЕ БИОФОССИЛИИ КАК ПОКАЗАТЕЛИ АКТИВНОСТИ ЦИКЛОГЕНЕЗА В РАЙОНЕ ШАНТАРСКИХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ.....	320
О.В. Руденко, Л.В. Поляк ГОЛОЦЕН КОЛЬСКОГО ЖЕЛОБА БАРЕНЦЕВА МОРЯ: ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....	325
А.И. Рудинская, Е.А. Константинов, Л. Гедминиене УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПЛЕЩЕЕВОМ ОЗЕРЕ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ.....	329
А.В. Русаков, М.П. Лебедева, Ю.В. Симонова ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧВ ПОД МНОГОЛЕТНИМИ ЗАЛЕЖАМИ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ В ПОСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД НА ОСНОВЕ ИХ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ.....	334
Ю.В. Рыжов, В.А. Голубцов, М.В. Смирнов ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ РЕЧНЫХ ДОЛИН ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЯ: ЛИТОЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС, ЭТАПЫ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ.....	339
К.А. Савина, Е.А. Кузьмичева ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ СОВРЕМЕННОГО ПЫЛЬЦЕВОГО ДОЖДЯ ГОР БАЛЕ (ЭФИОПИЯ) КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРОШЛОГО.....	344
Д.О. Садоков, А.В. Камыгина, Е.Г. Ершова ФОРМИРОВАНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ ОЗЁР ДАРВИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В ГОЛОЦЕНЕ (ОЗЕРО МОТЫКИНО).....	349

А.В. Самусь, Е.А. Константинов, О.К. Борисова ПРИРОДНАЯ РИТМИКА ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ И РАННЕГО ГОЛОЦЕНА В РОСТОВСКОЙ НИЗИНЕ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	354
Т.В. Сапелко ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ГОЛОЦЕНА ПО НОВОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЕ И СХЕМА БЛИТТА-СЕРНАНДЕРА.....	359
М.В. Смирнов, Ю.В. Рыжов ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ И ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В ДОЛИНЕ РЕКИ БРЯНКИ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ).....	364
Л.С. Сырых, Л.Б. Назарова, Н.А. Рудая, И.М. Греков, С.Е. Карачурина РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СУБФОССИЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ХИРОНОМИД ИЗ КЕРНА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ТЕНЬГИНСКОЕ (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ).....	369
Н.В. Сычев, Е.А. Константинов, А.Л. Захаров АККУМУЛЯЦИЯ ЭОЛ ОВЫХ ЛЁССОВ ПРЕДКАВКАЗЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ.....	372
С.Н. Тимирева, И.С. Зюганова, Л.В. Филимонова, Ю.М. Кононов, Ф.А. Романенко ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ОБСТАНОВОК В НИЗОВЬЯХ Р. ВАРЗУГА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ) ЗА ПОСЛЕДНИЕ 8000 ЛЕТ.....	378
А.А. Тишков, Е.А. Белоновская, Е.А. Константинов, А.В. Самусь ВЕРХОВЫЕ БОЛОТА ВАЛДАЯ КАК ИСТОЧНИК ДЛЯ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ.....	382
М.Е. Федорова, А.В. Русаков СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ПОЧВ, ЗАФИКСИРОВАННЫХ В ДЕРЕВОЗЕМЛЯНОМ УКРЕПЛЕНИИ В ОСНОВАНИИ МЕНШИКОВА БАСТИОНА ПЕТРОПАВЛОВСКОЙ КРЕПОСТИ.....	389
Л.В. Филимонова ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКО-ФИНЛЯНДСКОМ ПАРКЕ «ДРУЖБА» И НА БЛИЗЛЕЖАЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ В ГОЛОЦЕНЕ.....	393
Б.Ф. Хасанов ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗИМНИЕ МОРОЗЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 1500 ЛЕТ – РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....	398
ЧЕЛОВЕК И ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ В ГОЛОЦЕНЕ	
А.С. Алешинская, А.Н. Федорина ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЛЬТУРНОГО СЛОЯ СРЕДНЕВЕКОВОГО ГОРОДА: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ РАСКОПОК В СУЗДАЛЕ).....	403
М.В. Бобровский, Д.А. Куприянов, А.Л. Смирнов, Л.Г. Ханина, М.В. Добровольская ХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКТИВНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛЕСОВ В РАННЕМ ЖЕЛЕЗНОМ ВЕКЕ НА ВЕРХНЕЙ ВОЛГЕ.....	409
А.А. Гольева, Н.И. Винокуров АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ В АНТИЧНОЕ ВРЕМЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДИЩА АРТЕЗИАН В КРЫМСКОМ ПРИАЗОВЬЕ).....	413

А.А. Гольева, В.Ю. Коваль, А.С. Сыроватко ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ВАЛОВ РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА В СРЕДНЕМ ПООЧЬЕ (ДЪЯКОВСКАЯ КУЛЬТУРА).....	417
О.А. Дружинина ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ КАК ИСТОЧНИК СВЕДЕНИЙ О РАННЕМ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ЛАНДШАФТЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗ. КАМЫШОВОЕ, ЮВ ПРИБАЛТИКА).....	421
И.А. Жарких, А.В. Русаков, Е.Р. Михайлова, В.Ю. Соболев, О.С. Хохлова ПОЧВЕННО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕДОХРОНОРЯДОВ В СРЕДНЕВЕКОВЫХ КУРГАННЫХ МОГИЛЬНИКАХ НА ТЕРРИТОРИИ ПЛЮССКОГО РАЙОНА ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	422
А.В. Зиновьев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДВЕЖЬИХ ШКУР НА РУБЕЖЕ 1-ГО И 2-ГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ НАШЕЙ ЭРЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДА РУСИ.....	427
Г.М. Левковская, Н.В. Шамаль, Г.Ф. Барышников, А.Н. Боголюбова ТИПЫ ПАЛИНОТЕРАТНЫХ ОТВЕТОВ РЕПРОДУКТИВНОЙ СФЕРЫ РАСТЕНИЙ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКУЮ КАТАСТРОФУ И НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЭКСТРЕМУМЫ ЭПОХИ НЕАНДЕРТАЛЬЦЕВ.....	431
Д.М. Мирин, А.В. Русаков, Ю.В. Симонова, А.Г. Рюмин РАННИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСА НА МЕСТЕ БЫВШИХ ПАШЕН В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	438
М.Б. Носова «ТОРОПЕЦКИЕ ХОЛМЫ» В КОНТЕКСТЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КОНЦА ГОЛОЦЕНА.....	440
В.Е. Пименов, Е.Г. Ершова, Н.А. Кренке РЕКОНСТРУКЦИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ДРЕВНИХ ЛЮДЕЙ В ДОЛИНЕ РЕКИ КАМЧАТКА ПО МАТЕРИАЛАМ АРХЕОЛОГО-ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	445
Н.И. Платонова, Г.М. Левковская, В.Ф. Тарасевич, В.А. Лапшин КОГДА В СТАРОЙ ЛАДОГЕ СКЛАДЫВАЛИСЬ ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ПОЙМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ?.....	450
А.И. Рудинская, Н.Е. Зарецкая, А.В. Котенков, В.Г. Ван, А.Л. Чепалыга, Н.Н. Луговой, А.М. Авдоница, М.А. Писцова, Ю.В. Батаев РАЗВИТИЕ ЛАГУНЫ ПИЦУНДСКОГО ПОЛУОСТРОВА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ.....	456
Н.Е. Рябогина, И.А. Идрисов, А.С. Афонин, А.Ю. Сергеев, А.В. Борисов ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ И ВОЗРАСТЕ КАРБОНИЗИРОВАННЫХ МАКРООСТАТКОВ ИЗ ДРЕВНИХ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС СЕВЕРНОГО КАВКАЗА.....	461
О.И. Смышляева, Е.А. Кузьмичева, О.А. Крылович, А.Б. Савинецкий ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ КОМАНДОРСКО-АЛЕУТСКОЙ ГРЯДЫ В ГОЛОЦЕНЕ: КЛИМАТИЧЕСКИЕ, ВУЛКАНИЧЕСКИЕ, ЗООГЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ.....	465

Н.Б. Щербаков, А.А. Гольева, И.А. Шутелева ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ
ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ С РАСПРОСТРАНЕНИЕМ КАРСТА
НАСЕЛЕНИЕМ ПОЗДНЕГО БРОНЗОВОГО ВЕКА НА ЮЖНОМ ПРИУРАЛЬЕ (НА
ПРИМЕРЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ БАССЕЙНА РЕКИ УРШАК)..... 471

ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ В ГОЛОЦЕНЕ

А.Т. Галимов, Т.Г. Антипина, А.В. Угрюмов, Н.К. Панова РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ
ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА ГОРБУНОВСКИЙ В
ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ПАЛЕОАНТРАКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)..... 476

Е.А. Константинов, Е.А. Мазнева, В.В. Пономарева, М.В. Портнягин, А.А. Бердникова, М.Ю.
Александрин ГОЛОЦЕНОВАЯ КРИПТОТЕФРА В ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ
БОЛЬШОГО КAVKAZA..... 481

Д.А. Куприянов, Е.Ю.Новенко, Н.Г. Мазей , Е.М. Волкова ИСТОРИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ
БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ ОКИ В ГОЛОЦЕНЕ..... 486

Р.К. Непоп, А.Р. Агатова, Д.А. Ганюшкин, Д. Отгонбаяр
ОСНОВНЫЕ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ВЫСОКОГОРНЫХ ДОЛИНАХ
АЛТАЯ В ГОЛОЦЕНЕ НА ПРИМЕРЕ ХРЕБТОВ ЮЖНО-ЧУЙСКИЙ, ЧИХАЧЁВА,
ЦАМБАГАРАВ..... 491

М.И. Нестерова, Н.Е. Рябогина ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ
ТЮМЕНИ НА ПРОТЯЖЕНИИ 9000 ЛЕТ..... 495

Е.Ю. Новенко, Н.Г. Мазей, Д.А. Куприянов, А.Е. Шатунов, А.С. Прокушкин ИСТОРИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ СРЕДНЕСИБИРСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ В ПОЗДНЕМ
ГОЛОЦЕНЕ..... 500

Т.В. Трушкина, М.В. Фонти, О.В. Чуракова (Сидорова) СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ В
ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ ДЕРЕВЬЕВ КАК ИНДИКАТОРЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ
ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ..... 505

А.Е. Шатунов, Д.А. Куприянов, Н.Г. Мазей, А.С. Прокушкин, Е.Ю. Новенко
РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ НИЖНЯЯ
ТУНГУСКА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЭВЕНКИЯ) В СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ
ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ УГЛЯ В
ТОРФЕ..... 510

**ДИНАМИКА МОРСКИХ, ПРЭСНОВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ
ЭКОСИСТЕМ В ГОЛОЦЕНЕ**
DYNAMICS OF MARINE, FRESHWATER AND TERRESTRIAL ECOSYSTEMS
IN THE HOLOCENE

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОБОПОДГОТОВКИ ДРЕВЕСНЫХ
УГЛЕЙ ДЛЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА
ПРИМЕРЕ УГЛЕЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ АЛТАЯ**

А.Р. Агатова¹, Р.К. Непоп¹, В.С. Мыглан², А.В. Тайник², М.О. Филатова³,
В.В. Баринов²

¹*ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, agatr@mail.ru*

²*СФУ, г. Красноярск, dend_ro@mail.ru*

³*ИАЭТ СО РАН, г. Новосибирск, mayaphylatova@gmail.com*

**DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR CHARCOAL SAMPLE
PREPARATION FOR DENDROCHRONOLOGICAL ANALYSIS ON THE
EXAMPLE OF CHARCOALS FROM ALTAI IRON-SMELTING FURNACES**

A.R. Agatova¹, R.K. Nepop¹, V.S. Myglan², A.V. Taynik², M.O. Filatova³,
V.V. Barinov²

¹*Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk*

²*Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

³*Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk*

Аннотация.

В результате многолетних геоархеологических исследований была отобрана коллекция древесного угля из древних железоплавильных печей Чуйско-Курайского металлургического района ЮВ Алтая. Несмотря на сложности работы с этим материалом, использование представленных в работе методических приемов позволило подготовить 360 образцов из 448 (более 80%) отобранных фрагментов углей. Измерения параметров годовых колец были выполнены на поперечных сечениях всех 360 образцов, из которых 160 (~44%) были использованы для построения 9 ДКХ. Протяженность построенных плавающих шкал колеблется от 76 до 209 лет.

Ключевые слова: древесный уголь, дендрохронологический анализ, железоплавильные печи, ЮВ Алтай.

В подавляющем большинстве исследований как природных, так и археологических объектов с применением дендрохронологического метода основным рабочим материалом являются спилы стволов погибших деревьев либо керны древесины живых деревьев. В то же время древесный уголь не такой уж и редкий материал в районах, где древесная растительность произрастает в настоящее время либо произрастала в прошлом. И природные пожары, и антропогенная деятельность зачастую сопровождаются образованием древесных углей, которые вследствие карбонизации древесины,

предотвращающей гниение, имеют больше шансов сохраниться со временем по сравнению с древесиной. Для сохранения последней необходимы анаэробные условия, которые могут быть обеспечены, например, при быстром захоронении деревьев наступающим ледником или обвалом.

При проведении археологических раскопок многие исследователи отмечали находки большого количества углей. Однако долгое время этот материал оставался невостребованным ввиду трудности обработки. Методические вопросы, связанные с пробоподготовкой древесного угля, обсуждались в литературе еще с середины прошлого столетия [1], но до настоящего времени остаются нерешенными. До начала 1970-х годов такая работа сводилась к долгому и кропотливому процессу получения тонких трехмерных срезов материала. Развитие методов микроскопии значительно сократило время (и усилия), затрачиваемые на обработку древесного угля, что позволило увеличить количество и качество получаемых для анализа поверхностей. Тем не менее потенциал древесного угля, как материала для дендрохронологического анализа, остается нераскрытым. До сих пор он используется в основном для определения видового состава древостоя, что позволяло получать в некоторых случаях дополнительную палеоэкологическую информацию, а также в качестве материала для радиоуглеродного датирования [2, 3].

Одной из особенностей древесного угля является то, что в процессе карбонизации он дает значительную усадку. Однако основным недостатком в контексте возможного использования в дендрохронологических исследованиях является небольшой размер образцов и хрупкость материала. Результатом фрагментации древесины в процессе сжигания и последующего воздействия неблагоприятных (для сохранности угольков) факторов окружающей среды является незначительное количество годовых колец в образцах. При этом в большинстве случаев безвозвратно потерянными оказываются внешние кольца. Все это является серьезным препятствием для построения древесно-кольцевых хронологий. Еще одной неизменной трудностью при пробоподготовке остается получение ровной поперечной плоскости сечения для проведения корректных измерений.

В то же время проводимые нами в высокогорной юго-восточной части Русского Алтая (ЮВ Алтай) многолетние геоархеологические и геолого-геоморфологические исследования с применением дендрохронологического анализа показали, что, несмотря на все перечисленные трудности, дендрохронологические исследования с использованием древесного угля из археологических памятников этого района имеют хорошие перспективы благодаря ряду факторов.

Во-первых, развитое железоплавильное производство у древних кочевников требовало значительных лесозаготовок для последующего углежжения. В результате нередко находки большого количества углей, локализованных в одном месте, причем такие коллекции содержат карбонизированные фрагменты деревьев, как правило, близкого возраста.

Во-вторых, суровые климатические условия и аридизация климата в юго-восточном направлении привели к тому, что в пределах горного обрамления Чуйской впадины сформировались леса с единственной лесообразующей породой – лиственницей сибирской (*Larix sibirica Ledeb.*). В Курайской впадине она также входит в состав лесообразующих пород. Кроме того, суровый климат обуславливает ярко выраженный климатический сигнал в радиальном приросте деревьев и незначительную ширину годовых колец, что обеспечивает их большое количество даже в маленьких фрагментах углей.

Методические аспекты работы с древесным углем.

1. Отбор образцов

Отбор коллекции проводился в ходе полевых исследований 2011-2021 гг. в местах археологических раскопок железоплавильных печей в Курайской и Чуйской котловинах (ЮВ Алтай) и в долине р. Чуя между ними. Единичные угли были также собраны при изучении разрезов голоценовых отложений в восточной, ныне безлесной части Чуйской впадины. Образцы представляли собой куски шлака с высоким содержанием древесных углей и отдельные фрагменты углей.

Отметим, что при сборе коллекции нельзя ориентироваться только на размер образца. В ходе визуального осмотра оцениваются также примерное

количество годовых колец и хрупкость углей. В целом, эти три параметра - размеры, хрупкость материала и количество годовых колец в отдельном фрагменте определяют возможность проведения измерений вдоль одного или нескольких радиусов исследуемого образца, обеспечивающих последующее перекрестное датирование отдельных серий.

2. Пробоподготовка

Основной проблемой при работе с древесным углем является получение ровной поперечной плоскости сечения. Методика, разработанная в Сибирской дендрохронологической лаборатории СФУ, позволяет с минимальными трудозатратами выполнить быструю и качественную пробоподготовку большого количества образцов практически любого размера и формы.

- Колка/резка шлака с использованием кирки, углошлифовальной машины с алмазным диском или ленточные пилы.

- Шлифовка и полировка поперечной плоскости образца максимального сечения с использованием тарельчато-ленточного шлифовального станка (лента с зернистостью P600, P1000 и круг P1000).

- Очистка поверхности предварительно высушенных образцов пылесосом.

- Визуальная проверка получаемых поверхностей на стереомикроскопе Leica M80 и повторение, в случае необходимости, предыдущих процедур.

3. Оцифровка подготовленной поверхности образца и проведение измерений

Оцифровка подготовленных поперечных сечений образцов древесного угля представляла собой фотографирование в отраженном свете при 30-тикратном увеличении с помощью микроскопа AXIO zoom.V16 (CARL ZEISS) и последующее сшивание полученных изображений в программном пакете ZEN (CARL ZEISS). Все обработанные изображения конвертировались в формат TIFF. Измерение трех линейных параметров годового кольца (ширина годового кольца, ранней и поздней древесины) проводилось в ручном режиме с использованием стандартного программного обеспечения.

Первый опыт использования древесного угля для построения древесно-кольцевых хронологий.

Несмотря на все сложности работы с древесным углем, использованные методические приемы позволили подготовить 360 образцов из отобранных

ранее 448 (более 80%) фрагментов углей. Измерения параметров годичных колец были выполнены на поперечных сечениях всех 360 образцов, из которых 160 (около 44%) удалось задействовать при построении девяти древесно-кольцевых хронологий. Протяженность построенных плавающих шкал колеблется от 76 до 209 лет. Это одни из наиболее длительных дкх по древесным углям в мировой дендрохронологической практике.

Проведенные исследования показали высокий потенциал использования древесного угля для дендрохронологического анализа в ЮВ Алтае и перспективу построения тысячелетней древесно-кольцевой хронологии. Ее календарная привязка не только позволит установить время функционирования железоплавильных печей, но и создаст основу для календарной датировки археологической древесины из многочисленных курганов, сохранившихся в высокогорных степях Алтая. Реконструкции изменений увлажнения этой территории с годичным разрешением – еще один, фундаментальный, аспект применения длительной дкх по углям.

Исследование выполнено при поддержке РНФ (грант 22-27-00454).

ЛИТЕРАТУРА

1. Salisbury K.J., Jane F.W. Charcoals from Maiden Castle and their significance in relation to the vegetation and climatic conditions in prehistoric times // *The Journal of Ecology*. 1940. V. 28. P. 310-325.
2. Филатова М.О., Филатов Е.А. Первое антракологическое исследование древесных углей в Восточной Сибири: по материалам мастерской им. А.П. Окладникова // *Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий*. 2021. Т. 27. С. 289-293.
3. Agatova A.R., Nepop R.K., Korsakov A.V. Vanishing iron-smelting furnaces of the South Eastern Altai, Russia - Evidences for highly developed metallurgical production of ancient nomads // *Quaternary International*. 2018. V. 483. P. 124-135.

S u m m a r y.

As a result of many years ge archaeological researchers, a collection of charcoals was collected from the ancient iron-smelting furnaces of the Chuya-Kurai metallurgical area of the SE Altai. Despite the difficulties of processing of this material, presented techniques made it possible to prepare 360 samples (from 448, which is more than 80%). Tree ring parameters were measured on all 360 samples. Tree ring series of 160 (~44%) samples were used to construct 9 floating tree-ring chronologies. The length of these TRC ranges from 76 to 209 years.

МАКСИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ОЗЕРА УРЭГ-НУР (СЗ МОНГОЛИЯ) В ГОЛОЦЕНЕ: СЛЕДСТВИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОСЛЕДНЕГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ИЛИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ?

А.Р. Агатова¹, Р.К. Непоп¹, П. Моска², О.Н. Успенская³

¹ИГМ СО РАН им. В.С. Соболева, г. Новосибирск, agatr@mail.ru

²Силезский Технологический Университет, Гливице, Польша, piotr.moska@polsl.pl

³ВНИИО РАСХН, Верея-500, usp-olga@yandex.ru

MAXIMUM LEVEL OF THE UREG-NUR LAKE (NW MONGOLIA) IN THE HOLOCENE: A RESULT OF THE DEGRADATION OF THE LAST GLACIATION OR HUMIDITY INTENSIFICATION?

A.R. Agatova¹, R.K. Nepop¹, P. Moska², O.N. Uspenskaya³

¹Institute of Geology and Mineralogy SB RAS

²Institute of Physics, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

³All-Russian Research Institute of Vegetable Growing, Vereya, Russia РАН

Аннотация.

Изучение трансформации гидросети в горных аридных районах Центральной Азии в голоцене необходимо для понимания характера деградации последнего оледенения и последующих климатических изменений во внутренней части Евразии. Полевые геолого-геоморфологические исследования и дешифрирование космоснимков свидетельствуют о существовании в прошлом более высоких уровней Урэг-Нура – крупного озера на северо-западе Монголии. Впервые полученные для Урэг-Нурской впадины геохронологические данные (OSL и ¹⁴C) показали: максимальный уровень, превышающий современный на 50 м, озеро имело на рубеже плейстоцена и голоцена, что, вероятно, связано с деградацией оледенения в Джулукульской впадине и хребтах ее обрамления.

Ключевые слова: Урэг-Нур, палеоуровни, оледенение, голоцен, геохронология.

Урэг-Нур – крупное (17x20 км) глубокое (более 40 м) горько-соленое бессточное озеро с уровнем 1425 м в северо-западной части Монголии. Озеро занимает изометричную в плане впадину, связанную тектоногенной долиной его основного притока р. Каргы с Джулукульской впадиной. Это единое в морфотектоническом плане унаследованное приразломное понижение обрамлено горными хребтами, часть из которых до сих пор сохраняет современное оледенение. Вследствие заложения вдоль крупного долгоживущего Шапшальского разлома территория характеризуется высокой сейсмической активностью как в голоцене, так и в настоящее время [1, 2]. В плейстоцене Джулукульская впадина являлась ледоемом [3, 4]: ее днище выстилают эродированные в разной степени древние моренные отложения. В отличие от нее Урэг-Нурская котловина не несет следов оледенения, но всегда служила локальным базисом эрозии для талых ледниковых вод, поступающих из Джулукульской впадины и хребтов обрамления. Детальные исследования водосборного бассейна Урэг-Нура с позиций развития последнего оледенения и

климатообусловленных изменений гидросети в голоцене ранее не проводились; возраст двух верхних метров донных отложений озера Урэг-Нур, отобранных с целью реконструкции климата и растительности, оказался не древнее двух тысяч лет [5]. Соответственно, и площадные геолого-геоморфологические исследования котловины, и комплексный анализ более глубоких слоев донных осадков Урэг-Нура остаются актуальными для реконструкций природной среды и климата четвертичного периода.

Для понимания характера деградации последнего оледенения и последующих климатических изменений в рассматриваемой внутренней аридной части Евразии в голоцене нами исследовалась эволюция гидрологической системы в Урэг-Нурской впадине и сопряженной с ней долине р. Каргы. Применялись геолого-геоморфологический анализ (дистанционное зондирование и полевые исследования форм рельефа и коррелятных отложений в естественных обнажениях и шурфах), анализ комплексного биосостава образцов озерных отложений, для датирования форм рельефа и отложений – геохронологические (OSL и ^{14}C) методы и геоархеологический анализ. В Урэг-Нурской впадине были изучены более 10 разрезов, получены 8 OSL и одна ^{14}C дата, в долине Каргы – два разреза и две ^{14}C даты.

В результате предпринятых исследований на склонах котловины Урэг-Нура установлены три береговых палеоуровня, наиболее высокий из которых (1480 м н.у.м.) на 50 м выше современного уреза воды. Палеобереговые линии, выработанные на поверхности наиболее древних пролювиальных шлейфов, фрагментарно сохранились между перекрывающими их шлейфами последующих генераций. Береговые линии выражены в рельефе галечными валами, иногда террасами, а в северо-западной части котловины – шлейфом у подножия отдельно стоящих небольших скальных выступов. Верхняя граница шлейфа горизонтальна и проходит на высоте 1480 м н.у.м.

Датирование, проведенное в юго-восточной и северо-западной частях впадины, показало, что максимальный зафиксированный в рельефе уровень озера Урэг-Нур существовал в конце плейстоцена – начале голоцена и, вероятно, оставался таким до приблизительно 8 тыс.л.н. После снижения и возможных колебаний он стабилизировался на отметке 1453 м (на 26-28 м выше современного уреза) около 6 тыс.л.н. Близким к современному уровню (на 7-9 м выше) он стал не позднее 5-3 тыс.л.н., на что указывают OSL даты и

наиболее древние из сооруженных на этой высоте археологических памятников – херексуры поздней бронзы – раннего железного века и скифские курганы раннего железного века.

Исследования и в самой котловине, и в долине Каргы показали, что каких-либо катастрофических поступлений воды в Урэг-Нурское озеро не было. Это отличает систему «Каргы - Урэг-Нур» от отделенной водоразделом реки Моген-Бурен, также берущей начало в пределах Джулукульской впадины, и крупного озера Ачит-Нур, в которое она впадает. И в долине Моген-Бурен, и в Ачит-Нурской впадине в рельефе и отложениях сохранились яркие следы гидрологических катастроф, связанных с прорывами ледниково- и моренно-подпрудных озер [6].

Установленное нами максимальное наполнение озера Урэг-Нур в раннем голоцене совпадает с реконструкциями для соседней Убсунурской котловины [7]. Чем же был вызван столь высокий уровень озер на северо-западе Монголии – повышением увлажнения или деградацией ледников в пределах водосборного бассейна озера? Исследования климата на рубеже плейстоцена и голоцена для рассматриваемой территории не многочисленны, но они указывают скорее на аридное начало голоцена. На данном этапе это позволяет предположить в качестве основной причины высокого уровня озер в пределах аридной СЗ Монголии в начале голоцена поступление большого объема воды, высвободившейся при таянии ледников последнего оледенения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Янкайтис В.В., Филина А.Г. Урэг-Нурское землетрясение 15.05. 1970 г., MS= 7.0 (Монгольский Алтай), афтершоковый процесс и особенности современной сейсмичности эпицентральной области // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. №10. С. 1417-1432.
2. Овсяченко А.Н., Бутанаев Ю.В., Кужугет К.С. Палеосейсмологические исследования сеймотектонического узла на юго-западе Тувы // Вестник ОНЗ РАН. 2016. Т. 8. №12001.
3. Ефимцев Н.А. Четвертичное оледенение Западной Тувы и восточной части Горного Алтая. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 165 с.
4. Девяткин Е.В., Ефимцев Н.А., Селиверстов Ю.П., Чумаков И.С. О так называемых ледомах Алтая. Бюл. МОИП. Отд. геол. 1961. Т. 36. №3. С. 134-135.
5. Жилич С.В., Рудая Н.А. Высокора разрешающая реконструкция климата и растительности для последних 2000 лет по палеозаписи донных отложений озера Урэг-Нур (Монголия) в историческом и палеоэкологическом контексте // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. 2020. Т. XXVI. С. 428-437.
6. Agatova A.R., Nepov R.K. Pleistocene fluvial catastrophes in now arid NW areas of Mongolian Inland drainage basin // Global and Planetary Change. 2019. V. 175. P. 211-225.

7. Grunert J., Lehmkuhl F., Walther M. Paleoclimatic evolution of the Uvs Nuur basin and adjacent areas (Western Mongolia) // Quaternary International. 2000. V. 65. P. 171-192.

S u m m a r y.

For the first time, for the Ureg-Nur depression (NW Mongolia), evidences of high lake levels are reported. Associated landforms were dated applying OSL, 14C, and geoarchaeological analyzes. The maximum water filling (50 m above the modern one) of the lake was in the early Holocene under arid conditions. Large volume of accumulated water may be associated with the water runoff during degradation of the last glaciation.

ДИНАМИКА БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЭКОСИСТЕМ ЛАГУН БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, ЭВТРОФИКАЦИИ И «ЦВЕТЕНИЙ» ЦИАНОБАКТЕРИЙ

С.В. Александров^{1,2}

¹Атлантический филиал «ВНИРО», г. Калининград, hydrobio@mail.ru

²Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва, hydrobio@mail.ru

BIOPRODUCTIVITY DYNAMICS OF THE BALTIC SEA LAGOON ECOSYSTEMS UNDER THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE, EUTROPHICATION AND CYANOBACTERIAL BLOOMS

S.V. Aleksandrov^{1,2}

¹Atlantic branch of FSBSI "VNIRO", Kaliningrad

²Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Moscow

Аннотация.

Куршский и Вислинский заливы – крупнейшие лагуны Европы, где с 2001 г. проводятся регулярные комплексные исследования. Куршский залив характеризуется как гипертрофный водоем. Природные факторы (пресноводность, замедленный водообмен, высокие концентрации биогенов) и климатические условия создают условия для “гиперцветения” цианобактерий. «Цветения» воды неблагоприятно отражаются на экосистеме (превышение ПДК, замор рыб, накопление токсинов). В Вислинском заливе критическая соленость способствует снижению интенсивности и длительности «цветения» цианобактерий. Масштабное вселение моллюска-фильтратора *Rangia cuneata* показало устойчивость первичной продуктивности лагун за счет изменения скорости фотосинтеза в планктоне при одновременном снижении «цветения» и улучшении качества вод.

Ключевые слова: первичная продукция, лагуны, Вислинский, Куршский заливы, биоинвазия, «цветение» воды

Вислинский и Куршский заливы Балтийского моря – крупнейшие лагунные экосистемы Европы, характеризующиеся повышенным уровнем эвтрофирования вод и специфическими биоценозами с высокой биологической продуктивностью. В частности, они относятся к важнейшим рыбохозяйственным водоемам. Гидрохимический режим и структура биоценозов Вислинского и Куршского заливов, во многом, определяются особенностями гидрологического режима. По интенсивности затока морских

вод и скорости водообмена, которые влияют на гидрохимические условия и гидробиологическую структуру, Куршский залив можно отнести к лагунам «закрытого» типа с преимущественно пресноводными условиями, а Вислинский залив – к лагунам «полуоткрытого» типа с солоноватоводными условиями.

Вислинский и Куршский заливы - трансграничные водоемы, в которых большая часть акватории (61 и 75%, соответственно) принадлежит Российской Федерации. Регулярный мониторинг на этой акватории проводится АтлантНИРО в безледный период ежемесячно с марта-апреля по ноябрь-декабрь. Для оценки биологической продуктивности и уровня эвтрофирования проанализированы данные наблюдений за 2001-2021 гг. по гидробиологическим (первичная продукция, хлорофилл, зообентос), гидрохимическим, (биогены, кислород, БПК₅, и др.), гидрологическим (прозрачность, температура, соленость) показателям.

В Балтийском регионе в последние десятилетия наблюдаются климатические изменения, которые ведут к устойчивому тренду повышения температуры воды в Вислинском и Куршском заливах (в том числе увеличении числа «теплых лет» с повышенным летним прогревом). В летний период наблюдается сильный прогрев воды (> 20-22°C), оптимальный для цианобактерий, формирующих «цветение» воды.

Вислинский и Куршский заливы расположены в густонаселенных районах с развитыми сельским хозяйством и промышленностью. Основной сток в Куршский залив поступает с р. Неман - одной из крупнейших рек Балтийского моря, несущей биогены со значительной территории Литвы и Беларуси. Морфометрические особенности и гидрологический режим лагун способствуют накоплению поступающих биогенов в воде и донных осадках и обуславливают высокий уровень эвтрофирования водных экосистем. В частности, в Вислинском заливе, несмотря на ввод в 2016 г. новых очистных сооружений г. Калининграда, концентрации биогенов в заливе сохраняются на высоком уровне из-за их многолетней аккумуляции [1].

Летом (июль-сентябрь) в период наибольшего прогрева (> 20°C) высокие концентрации фосфатов (>30-50 мкгР/л) и соотношение минеральных форм азота и фосфора (N:P<7) создают условия для «цветения» цианобактерий. Высокая биомасса и скорость фотосинтеза цианобактерий и ряда других групп

фитопланктона обуславливают максимальные для водных экосистем величины первичной продукции. Средняя годовая первичная продукция в 2001-2010 и 2011-2021 гг. в Вислинском заливах (429 и 482 гС·м⁻²·год⁻¹) и Куршском заливе (509 и 484 гС·м⁻²·год⁻¹) значительно выше, чем в середине 1970-х (300 гС·м⁻²·год⁻¹). Согласно трофическим классификациям, Куршский залив относится к гипертрофным водоемам. Вислинский залив имеет снижающийся уровень от гипертрофного состояния в пресноводной части до эвтрофного у морского пролива. По уровню первичной продуктивности лагунные экосистемы Вислинского и Куршского заливов относятся к наиболее эвтрофным водоемам Европы. Климатические изменения в Балтийском регионе одна из причин продолжающегося эвтрофирования этих лагун, и могут представлять экологическую опасность из-за стимулирования развития «цветений» воды.

Первичная продукция фитопланктона в лагунных экосистемах (Куршский и Вислинский заливы) превышает разложение органического вещества, в среднем на 30% в Куршском и на 50% в Вислинском заливах (рис. 1). В Куршском заливе, относящееся к лагунам «закрытого» типа, слабый водообмен (1-3 год⁻¹) ведет к накоплению органики в воде и донных осадках, увеличению внутренней биогенной нагрузки и дальнейшей эвтрофикации. Первичная продукция в Куршском заливе в 2001-2021 гг. на 60% выше, чем в середине 1970-х гг., что свидетельствует о его значительном эвтрофировании. В последние годы отмечена тенденция снижения уровня «цветения» вод и уменьшения первичной продукции, возможно, как следствие снижения концентрации и изменения соотношения биогенов в воде (рис. 1а).

В Вислинском заливе, относящемся к лагунам «полуоткрытого» типа из-за интенсивного водообмена с морем, наблюдается интенсивный аутвеллинг биогенных и органических веществ, способствуя эвтрофикации прибрежной акватории Балтийского моря. Первичная продукция в 2010-х гг. примерно на 50% выше, чем в середине 1970-х гг.

Лагуны «закрытого» типа, примером которых служит Куршский залив, условия среды в котором во многом близки к экосистемам озер и водохранилищ, наиболее подвержены воздействию факторов среды, которые определяют увеличение первичной продукции. Здесь максимально проявляются неблагоприятные последствия эвтрофирования вод.

«Гиперцветения» с доминированием потенциально токсичных цианобактерий из родов *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Planktothrix*, наблюдаются почти ежегодно. В воде наблюдается превышение ПДК по ряду гидрохимических показателей (БПК₅, аммонийный азот и др.), а в прибрежной зоне локальный замор рыб. [2]. Летом и осенью в воде отмечается присутствие альготоксинов (микроцистины и другие), которые в дальнейшем могут накапливаться в донных отложениях, зообентосе и рыбах, превышая нормативы ВОЗ [3, 4].

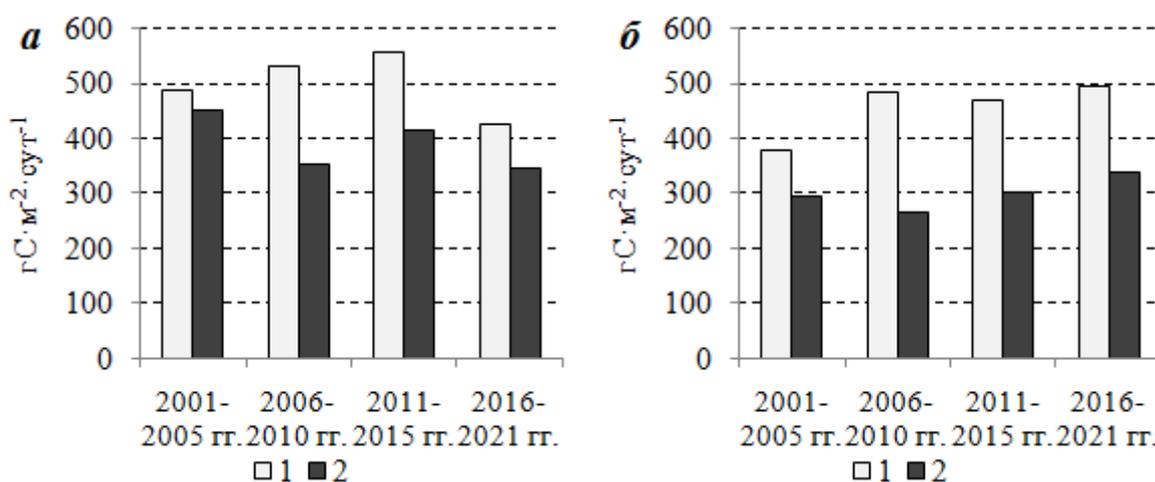


Рис. 1. Первичная продукция (1) и минерализация органического вещества (2) в столбе воды в Куршском (а) и Вислинском заливе (б)

Лагунные экосистемы «открытого» типа, примером которых служит Вислинский залив, условия среды в которых соответствуют эстуариям, в значительной степени подвержены влиянию гидрологических условий (взаимодействию речного стока и морских вод). В Вислинском заливе первичная продукция и концентрация хлорофилла ниже, чем в Куршском заливе. Соленость 4-5‰, близкая к значению «критической солености» для зоопланктона и бентоса Балтийского моря, а также интенсивный водообмен ($\approx 9 \text{ год}^{-1}$) оказывают воздействие на снижение интенсивности и длительности «цветения» цианобактерий. Из-за этого в Вислинском заливе значительно слабее выражены неблагоприятные последствия, чем в преимущественно пресноводном Куршском заливе [5].

Лагунные экосистемы подвержены вселению новых видов в планктонные и бентосные сообщества, которые могут значительно изменять структуру биоценозов [6]. Наиболее масштабное воздействие в XXI веке оказало вселение североамериканского двустворчатого моллюска-фильтратора *Rangia cuneata* в Вислинский залив, что привело в 2011-2013 гг. к существенной перестройке структуры и обилия зообентоса и планктона. После вселения моллюска-фильтратора средняя за вегетационный период биомасса бентоса возросла в 30 раз, а концентрация хлорофилла «а» (как показатель обилия фитопланктона) уменьшилась в 2 раза (с 39 мкг/л в 2001-2010 гг. до 23 мкг/л в 2011-2021 гг.) и снизилась интенсивность «цветения» воды. Биоинвазию новых видов в природные экосистемы обычно относят к негативным явлениям, рассматривая лишь часть последствий, в частности снижение биомассы отдельных групп, в частности фитопланктона. Регулярные исследования первичной продукции Вислинского залива показали, что лагунная экосистема может иметь устойчивость к значительным экосистемным изменениям, вызванным биоинвазией. Снижение обилия фитопланктона (концентрации хлорофилла) стало компенсироваться значительным увеличением скорости фотосинтеза и роста водорослей (ассимиляционные числа $> 100 \text{ мгС} \cdot \text{мгХл}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$), как ответной реакции на выедание водорослей. Благодаря этому, в 2014-2020 гг., несмотря на масштабную биоинвазию моллюска-фильтратора, первичная продукция сохранилась на многолетнем эвтрофно-гипертрофном уровне (рис. 1б), который создает благоприятные условия для других трофических групп (зоопланктон, бентос, рыбы). Одновременно положительным следствием биоинвазии стало улучшение качества воды до «допустимого» состояния на всей акватории высокоэвтрофного залива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров С.В., Сташко А.В. Пространственное распределение и сезонная динамика биогенных элементов в Вислинском заливе в 2019 году // Известия КГТУ. 2021. № 60. С. 11-21.
2. Александров С.В. Влияние «цветения» синезеленых водорослей на экологическое состояние Куршского залива // Вода: химия и экология. 2009. № 4. С. 2-6.
3. Смирнова М.М. Микроцистины в литорали Куршского залива в 2017 г. по данным иммунохроматографического анализа // Морской биологический журнал. 2019. Т.4. № 1. С. 109-111.

4. Bukaveckas P., Lesutiene J., Gasiunaite Z., Lozys L., Olenina I., Pilkaityte R., Putys Z., Tassone S., Wood J. Microcystin in aquatic food webs of the Baltic and Chesapeake Bay regions // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2017. Vol. 191. P. 50-59.
5. Александров С.В., Горбунова Ю.А. Продукция фитопланктона и содержание хлорофилла в эстуариях различного типа // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. № 1. С. 90-98.
6. Наumenко Е.Н., Рудинская Л.В., Гусев А.А. Влияние видов-вселенцев на структуру зоопланктона и зообентоса в Вислинском заливе Балтийского моря // Региональная экология. 2014. № 1-2 (35). С. 21-28.

S u m m a r y.

The Curonian and Vistula Lagoons are the largest lagoons in Europe, where regular comprehensive research has been carried out since 2001. The Curonian Lagoon is characterized as a hypertrophic water body. Natural factors (freshness, slow water exchange, high concentrations of nutrients) and climatic changes create conditions for "hyperbloom" of Cyanobacteria. Algae blooms adversely affect the ecosystem (exceeding MPC, fish kill, accumulation of toxins). In the Vistula Lagoon, critical salinity affects the reduction of intensity and duration of algal blooms. Large-scale invasion filter-feeding mollusk *Rangia cuneata* showed sustainability of primary productivity of lagoons due to change of photosynthesis rate in plankton with simultaneous decrease of algal blooms and improvement of water quality.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕЧНОГО БОБРА (*CASTOR FIBER L., 1758*) НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

О.П. Бачура¹, Т.В. Лобанова¹

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, olga@ipae.uran.ru, lota_64@mail.ru

DISTRIBUTION OF THE BEAVER (*CASTOR FIBER L., 1758*) IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA IN THE LATE HOLOCENE

O.P. Bachura¹, T.V. Lobanova¹

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, olga@ipae.uran.ru, lota_64@mail.ru

Аннотация

В работе приведена сводка позднеголоценовых памятников Западной Сибири, расположенных к северу от 62° с.ш. и содержащих костные остатки бобров. В этом регионе северная граница ареала бобра в позднем голоцене не выходила за пределы лесотундровой зоны. В северной тайге численность бобра на протяжении всего позднего голоцена была выше, чем в лесотундре. Вид был полностью истреблен в лесотундре в конце XVIII века, а в северной тайге в конце XIX века.

Ключевые слова: бобр, ареал, сокращение численности, Западная Сибирь, голоцен

В конце позднего голоцена многие виды млекопитающих подверглись интенсивной антропогенной нагрузке. Популяции ряда видов значительно сократили численность или были полностью истреблены. Речной бобр (*Castor fiber*) один из таких видов. Самые ранние письменные свидетельства о распространении бобров на севере Западной Сибири, на основании которых

были реконструирован ареал вида в прошлом, относятся к началу XVII в. [1–3]. Раскопки большого числа северных археологических памятников за последние годы [4–6] позволяют уточнить северную границу ареала, время обитания и оценить изменение численности популяции вида на севере Западной Сибири на протяжении всего позднего голоцена (табл. 1). В среднем голоцене на территории, современного ЯНАО бобры обитали вплоть до 68° с.ш. [7]. В начале позднего голоцена (SA-1) северная граница ареала бобра отодвинулась к югу и проходила вблизи северного полярного круга. Ни на одном памятнике, расположенном севернее него в этот период остатки бобра не были найдены [4–6]. В середине позднего голоцена (SA-2) северная граница ареала бобра в северном Зауралье по-прежнему не выходила за пределы лесотундровой зоны. Далее на восток для данного периода имеется только одно местонахождение на широте 63° с.ш., где найдены кости бобра (табл. 1). В конце позднего голоцена бобры были распространены на севере Западной Сибири до конца XVII века (табл. 1). В двух местонахождениях тундровой зоны были найдены резец (г. Ярте-6) и таранные кости (г. Бухта Находка) бобра [4]. Несомненно, эти кости были принесены сюда жителями из лесотундровой зоны в качестве заготовок для амулетов [8]. Следовательно, северная граница распространения бобра в конце позднего голоцена не выходила за пределы лесотундровой зоны.

На территории севера таежной зоны Западной Сибири бобр обитал до конца XIX в. Это подтверждается его находками в археологических памятниках (табл.1), а так же сведениями из описаний Березовского округа конца XIX в. [9]. В лесотундровой зоне иная картина. Кости бобра были найдены на памятниках лесотундровой зоны XVI–XVIII вв. от устья р. Оби до устья р. Надым. При раскопках более позднего памятника – села Обдорского (XVIII–XIX вв.) кости бобра найдены не были (табл. 1). В то время как на Полуиском мысовом городке, функционировавшем на этой же территории до начала XVIII в., а также синхронном ему памятнике Пельвож, расположенном в 35 км к югу, остатки бобра есть (табл. 1). Можно полагать, что в лесотундровой зоне до реки Надым бобр обитал до середины XVIII в., а позднее он был там истреблен. Восточнее реки Надым археологических памятников XVIII–XIX в. в лесотундровой зоне не известно. В XX в. в Западной Сибири бобры сохранились только в заповедниках Сосьвинского Приобья Ханты-Мансийского АО [10]. Изменение интенсивности добычи бобра в течение

позднего голоцена можно проследить на материалах нескольких памятников лесотундровой и севера таежной зоны (рис. 1). Мы полагаем, что изменение доли животного в промысле отражает изменение его доли в природе. Была рассчитана доля костей бобра относительно остатков всех мясо-пушных млекопитающих (заяц беляк, белка, песец, лисица, волк, росомаха, мелкие куньи) в памятниках Усть-Полуй, Зеленая горка, Надымский городок, Полуйский мысовой городок, Няксимволь, Зеленый Яр, Усть-Войкар. Доля бобра в промысловой добыче резко сократилась в лесотундре к началу XV века, а в северной тайге позднее - к концу XVI века. На севере таежной зоны Западной Сибири промысел бобра на протяжении всего позднего голоцена была выше, чем в лесотундровой зоне (рис. 1). Такое соотношение, вероятно, отражает различную численность бобровых популяций в двух зонах.

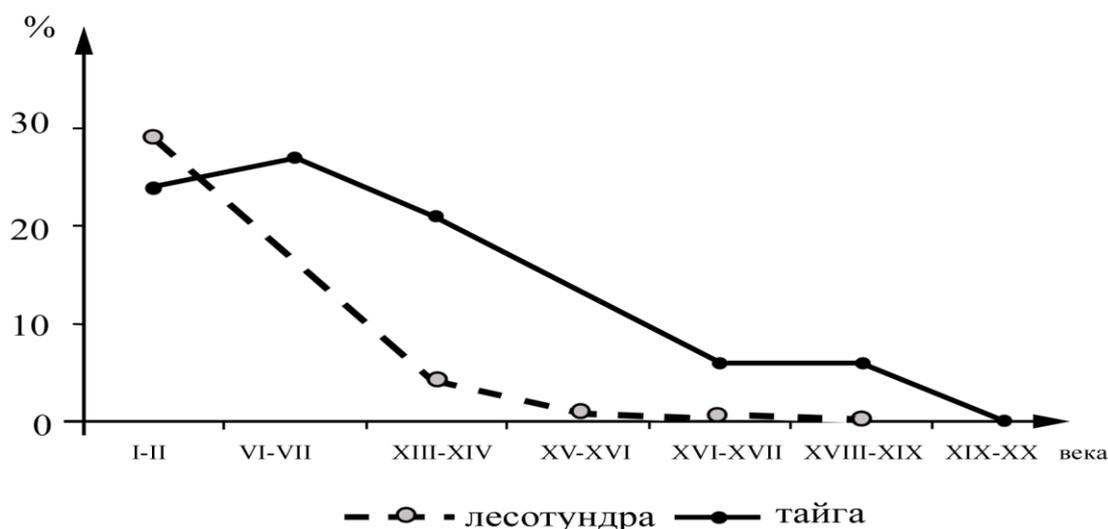


Рис. 1. Доля речного бобра в промысле древнего населения севера Западной Сибири

Таким образом, бобр обитал на территории севера Западной Сибири на протяжении всего позднего голоцена. Северная граница его ареала не выходила за пределы лесотундровой зоны и проходила вблизи полярного круга. В начале позднего голоцена численность популяций бобра в лесотундре и в северной тайге была практически одинаковой. Позднее на протяжении всего позднего голоцена в северной тайге численность бобра была существенно выше, чем в лесотундре. Значительно численность вида сократилась к началу XVII века, а полностью бобр был истреблен в лесотундре к концу XVIII века, а в северной тайге в конце XIX века.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН №122021000095-0.

Таблица 1. Позднеголоценовые местонахождения на севере Западной Сибири, где были найдены кости речного бобра

№	Местонахождение	Координаты	Хронологические рамки	Период голоцена	Количество остатков
Лесотундра					
1	Городище Усть-Полуй	66°30' с.ш.; 66°38' в.д.	II в. до н. э.–II в. н. э.	SA_1	655
2	Селище Зеленая Горка	66°30' с.ш.; 66°38' в.д.	XIII–XIV вв.	SA_3	34
3	Городище Ярте-б	68°54' с.ш.; 69°57' в.д.	сер. XI–нач. XII вв.	SA_3	1
4	Городище Бухта Находка	67°19' с.ш.; 72°10' в.д.	XII–нач. XIV вв.	SA_3	4
5	Тазовская мастерская	66°58' с.ш.; 81°29' в.д.	XIII–XIV вв.	SA_3	14
6	Надымский городок	66°03' с.ш.; 72°00' в.д.	сер. XIV–сер. XV вв.	SA_3	67
7	Надымский городок	66°03' с.ш.; 72°00' в.д.	сер. XV–кон. XVI вв.	SA_3	448
8	Надымский городок	66°03' с.ш.; 72°00' в.д.	кон. XVI–пер. треть XVIII вв.	SA_3	374
9	Полуйский мысовой городок	66°30' с.ш.; 66°38' в.д.	кон. XVI–пер. треть XVIII вв.	SA_3	22
10	Городище Мангазея	66°42' с.ш.; 82°16' в.д.	XVII вв.	SA_3	10
Северная тайга					
11	Селище Няксимволь	62°26' с.ш.; 60°52' в.д.	II в. до н.э.–II в. н. э.	SA_1	6
12	Селище Катравож 1	66°19' с.ш.; 66°05' в.д.	II в. до н. э.–II в. н. э., VIII–XVIII вв.	SA_1-3	3
13	Селище Зеленый Яр	66°19' с.ш.; 67°22' в.д.	VI–VII вв.	SA_2	51
14	Городище Шеркалы	62°45' с.ш.; 64°28' в.д.	VI–VII вв.	SA_2_3	379
15	Селище Горный Полуй 2	66°20' с.ш.; 67°45' в.д.	V–IX вв., XIII–XIV вв.	SA_2_3	1
16	Городище Ендырское	65°55' с.ш.; 87°34' в.д.	VI–XVII вв.	SA_2_3	109
17	Селище Каксинская гора 5	63°41' с.ш.; 67°21' в.д.	VI–IX вв.	SA_2	12
18	Селище Пяку-то 1	63°40' с.ш.; 73°55' в.д.	VIII–IX вв.,	SA_2	7
19	Городище Питляр	65°50' с.ш.; 65°55' в.д.	VIII–IX вв.	SA_2	1
20	Городище Перегребное	62°58' с.ш.; 65°05' в.д.	XI–XII вв.	SA_3	319
21	Селище Пяку-то 1	63°40' с.ш.; 73°55' в.д.	XVIII–нач. XX вв.	SA_3	1
22	Городище Каксинская гора 1	63°41' с.ш.; 67°21' в.д.	XVII–нач. XX вв.	SA_3	1
23	Городище Усть-Войкар	65°39' с.ш.; 64°36' в.д.	XIV в.	SA_3	11
24	Городище Усть-Войкар	65°39' с.ш.; 64°36' в.д.	XV в.	SA_3	33
25	Городище Усть-Войкар	65°39' с.ш.; 64°36' в.д.	XVI в.	SA_3	7
26	Городище Усть-Войкар	65°39' с.ш.; 64°36' в.д.	XVII в.	SA_3	18
27	Городище Усть-Войкар	65°39' с.ш.; 64°36' в.д.	начало XVIII века	SA_3	25
28	Городище Усть-Войкар	65°39' с.ш.; 64°36' в.д.	кон. XVIII — нач. XIX вв.	SA_3	77
29	Городище Пельвож	66°15' с.ш.; 66°40' в.д.	XVI — XVIII вв.	SA_3	1
30	Городище Березовское	63°55' с.ш.; 65°02' в.д.	XVII–XIX вв.	SA_3	2
31	Городище Старотуруханское	65°55' с.ш.; 87°34' в.д.	XVII–XIX вв.	SA_3	1

ЛИТЕРАТУРА

1. Пекарский П.П. Путешествие академика Николая Иосифа Делиля в Березов в 1740 году: со снимками видов Березова, рисованных в 1740 году. Санкт-Петербург : тип. Акад. наук, 1865. 74 с.
2. Скалон В.Н. Речные боры северной Азии. М.: Изд-во МОИП, 1951. 209 с.
3. Кириков С.В. Изменения животного мира в природных зонах СССР. Лесная зона и лесотундра. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. 158 с.
4. Визгалов Г.П., Кардаш О.В., Косинцев П.А., Лобанова Т.В. Историческая экология населения севера Западной Сибири. Нефтеюганск: Институт археологии Севера; Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2013. 376 с.
5. Vachura O.P., Kosintsev P.A., Lobanova T.V. Large mammal fauna of the West Siberian forest-tundra zone in the Late Holocene // Russian Journal of Theriology. 2019. V. 18. № 1. P. 43–50.
6. Косинцев П. А., Морозов В. М., Терехова Л. М. Млекопитающие в системе природопользования средневекового населения Западной Сибири // Современное состояние и история животного мира Западно-Сибирской низменности. – Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1988. – С. 52–64.
7. Косинцев П.А., Хантемиров Р.М., Кукарских В.В. Изменение северной границы ареала речного бобра (*Castor fiber* Linnaeus, 1758, Rodentia, Mammalia) на полуострове Ямал в позднем голоцене // Доклады Российской Академии наук. Науки о Земле. 2022. Том 503, №1. С. 60–64.
8. Лобанова Т.В. Кардаш О.В., Косинцев П.А. Надымский городок: амулеты и талисманы из костей животных XIII–XVIII веков // Археология Севера России: Югра – волость Новгорода Великого в XI–XV вв. Свод источников и исследований. Сургут; Нефтеюганск; Екатеринбург: Б.и., 2019. Ч. 2. С. 407–435.
9. Абрамов Н.А. Описание Березовского края // Записки Русского Географического Общества. Кн. 12. СПб: типография Императорской Академии наук, 1857. С. 327–448.
10. Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа: Животные, растения, грибы / Отв.ред. Л.Н. Добринский. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997. 240 с.

Summary.

The generalization of all the Late Holocene localities with beaver remains located north of 62N in north of Western Siberia was done. In Western Siberia the northern boundary of the beaver area in the Late Holocene did not go beyond the forest-tundra. In the northern taiga, the number of beaver throughout the Late Holocene was higher than in the forest-tundra. The species was completely exterminated in the forest-tundra at the end of the 18th century, and in the northern taiga at the end of the 19th century.

СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ КОПЫТНЫХ ВЕРХНЕГО ПРИОБЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ

¹В.В. Гасилин, ²М.М. Девяшин, ³Н.А. Пластеева

¹*ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург, GasilinV@yandex.ru*

²*ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург, devjashinm@yandex.ru*

³*ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург, natalya-plasteeva@yandex.ru*

THE STRUCTURE OF HOLOCENE UNGULATE COMMUNITY IN THE UPPER OB REGION

¹V.V. Gasilin, ²M.M. Devjashin, ³N.A. Plasteeva

¹*Institute of plant and animal ecology, Ekaterinburg, GasilinV@yandex.ru*

²*Institute of plant and animal ecology, Ekaterinburg, devjashinm@yandex.ru*

³*Institute of plant and animal ecology, Ekaterinburg, natalya-plasteeva@yandex.ru*

Аннотация.

Изменение относительного обилия четырех фоновых видов копытных на равнинах юго-востока Западной Сибири во второй половине голоцена оценено при анализе долей их костных находок из культурных отложений древних поселений Верхнего Приобья. В среднем и позднем голоцене среди копытных доминировали лось и сибирская косуля. К 21 в. лось почти утратил, а косуля усилила позицию доминанта, марал на равнинах исчез, отступив на юг – на Алтай. Кабан в голоцене был более распространен на севере региона, чем в настоящее время. Причиной изменений может являться агрикультурная трансформация лугово-степных и степных экосистем.

Ключевые слова: копытные, численность, лесостепь, Верхнее Приобье, голоцен.

Цель исследования – изучение структуры населения фоновых копытных на равнинах юго-востока Западной Сибири во второй половине голоцена.

Материал – количественные данные по костям копытных в поселениях среднего (1894 кости из 35 местонахождений, 8000–2600 л. н.) и позднего (3534 кости из 49 местонахождений, 2600–300 л. н.) голоцена в лесостепной и степной зонах (рис. 1). Наши тафономические допущения [1] аксиоматизируют отсутствие селективности в добыче копытных, из которого следует, что соотношение количеств костей копытных отражает их относительную численность в природе с допустимой долей искажения.

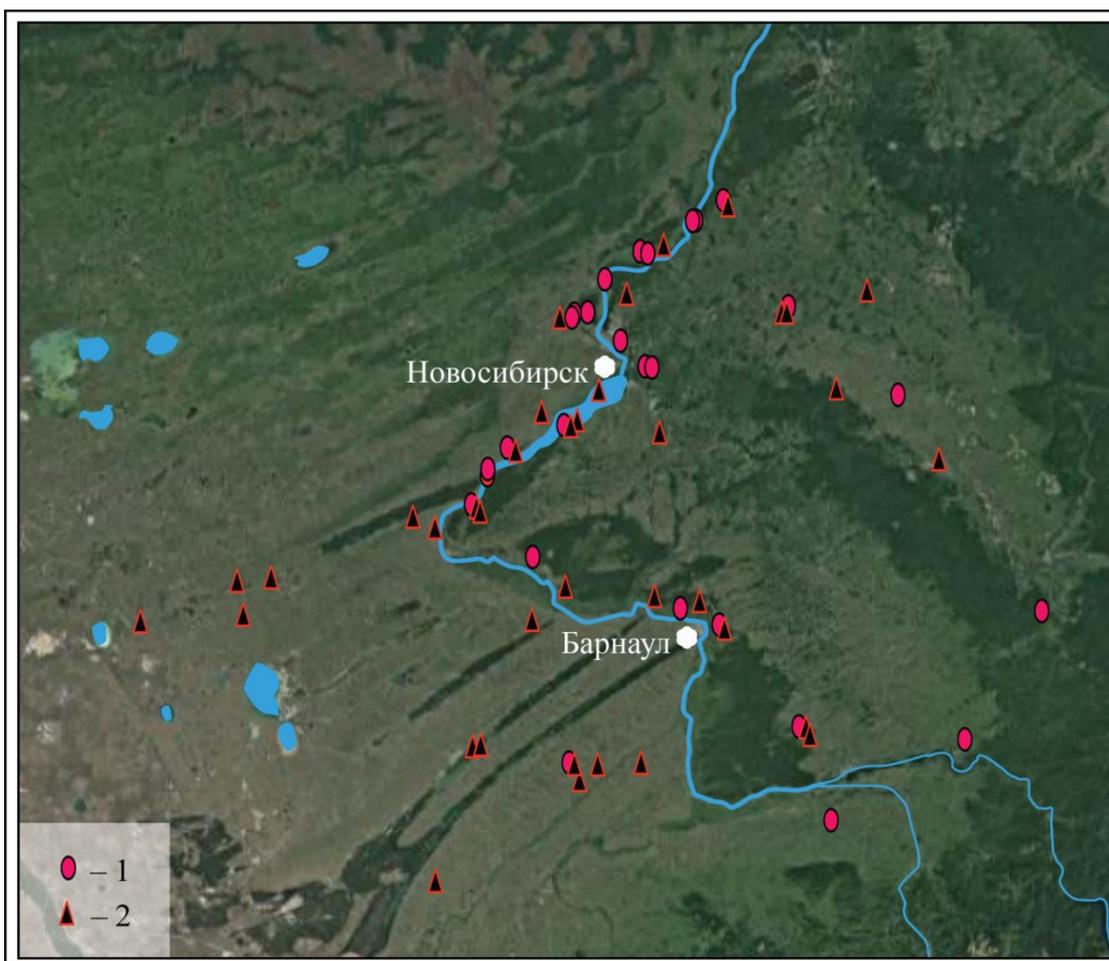


Рис. 1. Местонахождения костных остатков фоновых копытных на равнинах Верхнего Приобья: 1 – поздний голоцен; 2 – средний голоцен.

Обилие фоновых копытных измерено в процентах по отношению числа костных остатков вида к числу костей других копытных. Выборки из местонахождений могут не содержать остатки данного вида, либо состоять из них полностью. Исходно показатель рассчитан по каждому местонахождению, а затем усреднен.

На основании зимних учетов поголовья видов в пределах административных единиц за 2003–2012 гг. и 2015–2019 гг. [2, 3] рассчитана среднегодовая численность каждого вида в 21 в.

По частоте встречаемости находок фоновыми видами признаны кабан, благородный олень (марал), косуля и лось. Установлена достоверная корреляция между показателем и долготой позднеголоценовых местонахождений оленя ($k=-0,50$). Динамика показателя вдоль долготы имеет фазовый характер (рис. 2).

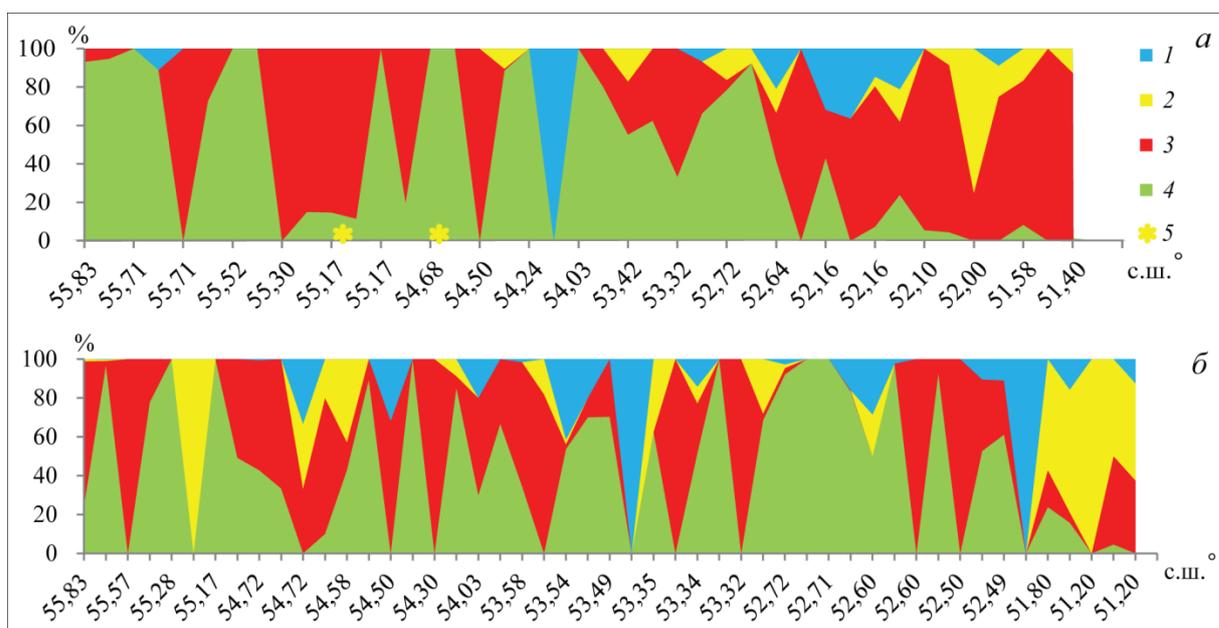


Рис. 2. Изменение в долготном направлении доли вида среди костных остатков фоновых копытных в местонахождениях Верхнего Приобья позднего голоцена (а) и среднего голоцена (б): 1 – кабан; 2 – марал; 3 – сибирская косуля; 4 – лось; 5 – число костей марала неизвестно. Условная координата фазового перехода – 53°40' с.ш.

Граница между двумя фазами колебаний условно проведена по 53°40' с.ш. (примерно соответствует широте г. Барнаула): местонахождения, расположенные к югу (рис. 2 а), чаще содержат костные остатки кабана и оленя, и доли этих видов в некоторых местонахождениях существенны. К северу от параллели оба вида уступают косуле и лосю, доли которых варьируют в противофазе ($k=-0,87$) и часто преобладают в местонахождении. Доли кабана и лося при этом также имеют отрицательную, но слабую связь между собой ($k=-0,37$).

Динамика показателя вдоль долготы для местонахождений среднего голоцена предстает менее упорядоченной (рис. 2 б). Лось и косуля, как на севере, так и на юге, многочисленны, и их доли варьируют с широким размахом в противофазе ($k=-0,73$). Доля приуроченного к югу остатков кабана выше, чем в позднем голоцене (рис. 2 а), а ее слабая отрицательная связь ($k=-0,33$) с долей лося обнаруживается и в среднем голоцене. Доля марала тоже выше, но следует заметить, что местонахождения этого периода с остатками вида сосредоточены севернее, чем в позднем голоцене. От 51°80' до 52°60' с.ш. девять местонахождений с 479 остатками копытных не содержат костей оленя.

Оставив и для среднего голоцена в качестве демаркационной между севером и югом Верхнего Приобья параллель 53°40' с.ш., можно получить средние показатели для среднего и позднего голоцена (табл. 1).

Таблица 1. Средняя доля костей вида среди остатков фоновых копытных, %

Голоцен	Верх. Приобье	Кабан	Марал	Косуля	Лось	<i>k</i>	<i>n</i>
Поздний	север	4,8	1,2	31,6	62,4	23	1451
	юг	12,0	5,3	41,9	40,8	11	443
Средний	север	6,0	9,1	36,7	48,2	26	1183
	юг	14,3	4,9	26,7	54,1	20	1273

k – число местонахождений; *n* – число костей фоновых копытных, экз.

Обобщенный для Верхнего Приобья порядок видов по возрастанию значений показателя таков: лось–косуля–кабан–марал. Наименее варьируют доли косули и лося. В среднем голоцене доля остатков марала и косули выше на севере, а доля кабана и лося выше на юге (табл. 1). В позднем голоцене направление изменений показателя обратилось у марала, косули и лося. Доля кабана несколько снизилась по всей территории.

В последние три столетия антропический фактор прямо или косвенно привел к катастрофическим сокращениям распространения видов копытных, включая фоновых. С 20 в. в результате мер охраны численность последних постепенно нарастает, а ареалы начинают возвращаться в исторические границы. В 21 в. полный состав фоновых видов Верхнего Приобья и Алтая все чаще фиксируется при ежегодных учетах поголовья, не только в субъектах РФ, но и во многих составляющих их административных районах. По этим данным можно грубо оценить среднегодовое распределение населения видов (табл. 2).

Таблица 2. Численность вида в субъектах РФ в 21 в., тыс. особей

Субъект РФ	Кабан	Марал	Косуля	Лось
Новосибирская область	0,49	0	31,31	6,05
Кемеровская область	0,29	0,71	33,34	3,18
Алтайский край	2,52	2,47	22,20	7,62
Республика Алтай	3,97	9,02	23,79	0,75

Кабан и марал во множестве обитают в южных субъектах РФ, причем олень особенно многочислен в горах Алтая. Лось же избегает горных

ландшафтов, предпочитая лесостепные равнины Алтайского края и Новосибирской области (табл. 2). Косуля всюду очень многочисленна, особенно в Новосибирской и Кемеровской областях, заключающих северную лесостепь Приобья. Относительная численность видов на территории административных единиц распределена следующим образом: косуля – 72,9%, лось – 11,6%, марал – 10,7%, кабан – 4,8%. Огромный отрыв величины численности косули объясняется ее лучшей приспособленностью к открытым культурным ландшафтам, занимающим равнины. В отличие от кабана, косуля довольствуется доступными здесь кормами, а в отличие от превосходящих ее по размерам марала и лося, она находит больше защитных условий.

Наблюдаемые различия в структуре населения копытных 2-ой половины голоцена и 21 в., вероятно, являются следствием повсеместного замещения на равнинах лугово-степных угодий, чередовавшихся с лесными колками, открытыми регулярными агрокультурными ландшафтами. Изменившаяся география не позволила благородному оленю восстановиться на равнинах, а лосю снова иметь численность, сопоставимую с численностью косули. Распределение населения кабана представляется слишком неравномерным ввиду его чрезвычайной малочисленности в Новосибирской и Кемеровской областях. Причинами могут быть недостаточные меры по подкормке зверя в снежный сезон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гасилин В.В., Девяшин М.М., Пластеева Н.А., Созонтов А.Н. Изменения состава и относительного обилия копытных евразийской лесостепной зоны в голоцене // Зоологический журнал. 2021. Т. 100. Вып 12. С. 1401–1421.
2. Мониторинг состояния ресурсов охотничьих животных, их численности и добычи по регионам России в 2011-2012 гг. ГНУ ВНИИОЗ: Киров, 2012 104 с.
3. Состояние ресурсов охотничьих животных в Российской Федерации в 2003–2007 гг. // Охотничьи животные России (Биология, охрана, ресурсоведение, рациональное использование). 2007. Выпуск 8. 164 с.

Summary.

We analyzed changes in the relative abundance of four ungulate species (elk, Siberian roe deer, red deer and wild boar) in the south-east of Western Siberia throughout the second half of the Holocene. In the Middle and Late Holocene, elk and Siberian roe deer dominated among ungulates. By the 21st century, the abundance of elk had decreased, while roe deer remained the dominant; the red deer had disappeared from the Upper Ob region and persisted in the Altai. Wild boar during the Holocene was very common in the north of the region, as oppose to present times. The main reason for changes in ungulates abundance is agricultural transformation of meadow-steppe and steppe ecosystems.

ФАУНА ВЫСОКОШИРОТНЫХ ФОРАМИНИФЕР НА ЛИТОРАЛИ ШПИЦБЕРГЕНА

¹Е.А. Голикова, И.Б. Вольтский, ¹М.А. Варфоломеева, ^{1,2}С.А. Корсун

¹СПбГУ, г. Санкт-Петербург, e.golikowa@spbu.ru

²ИО РАН им. П.П. Ширшова, г. Москва, s_korsun@ocean.ru

FAUNA OF HIGH-LATITUDE FORAMINIFERA OF THE SPITSBERGEN INTERTIDAL

¹E.A. Golikova, I.B. Voltski, ¹M.A. Varfolomeeva, ^{1,2}S.A. Korsun

¹St. Petersburg State University, St. Petersburg

²Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow

Аннотация.

Илисто-песчаная литораль в высоких широтах встречается редко. В умеренных и субарктических широтах такой тип берега населен мейобентосными протистами фораминиферами. Их захороненные скелеты несут информацию об изменении уровня моря в голоценовое время. До сих пор нет данных о существовании литоральных фораминифер в высокой Арктике. Мы провели пилотное исследование в заиленной кутовой части Диксонфьорда (Шпицберген, 78°с.ш.), где на разрезе из семи станций обнаружили сообщество живых известковых фораминифер *Elphidium albumbilicatum*, *Elphidium clavatum* и *Elphidium williamsoni*. Это сообщество отличается от сообщества фораминифер бассейна того же фьорда, а по видовому составу является подмножеством фораминифер отряда Rotaliida литоральной фауны северной Фенноскандии (60-70°с.ш.). В качестве возможного вектора расселения фораминифер могут выступать перелетные птицы.

Ключевые слова: приливо-отливные отмели, илистая литораль, живые фораминиферы, Диксонфьорд, Шпицберген

Илисто-песчаная литораль - редкое и относительно молодое геологическое образование на побережьях высокой Арктики. Во время максимума последнего оледенения 26-19 тыс. лет назад [1] весь Шпицберген и прилегающий шельф были покрыты ледниковым щитом [2]. Выводные ледники выпахивали мягкие отложения [2, 3]. Примерно 13–11 тысяч лет назад выводные ледники отступили к вершинам фьордов и на сушу [3, 4], сделав возможным формирование заиленных приливо-отливных отмелей в куту фьордов. В субарктических и умеренных широтах илисто-песчаная литораль населена мейобентосными одноклеточными организмами, обладающими раковинкой - фораминиферами. Сообщества ископаемых литоральных фораминифер являются удобным инструментом для реконструкции уровня моря в голоцене [5]. Вопрос о существовании сообществ фораминифер на побережья высокой Арктике оставался открытым отчасти из-за труднодоступности этих побережий, отчасти – из-за отсутствия приливо-отливных отмелей с мягким грунтом. Из-за ледового выпахивания литораль высокой Арктики почти лишена заиленных участков [6]. Таковые формируются редко - как правило, в

защищенном от прибоя куту залива, где впадает река [7]. Обширная илистая литоральная отмель существует в куту Диксонфьорда. Это отрог Исфьорда (Западный Шпицберген). Во фьорде нет ледника, но в кут впадает река с ледниковым питанием. Мы предприняли попытку выяснить способны ли фораминиферы населять литораль высоких широт, и, если да, охарактеризовать видовой состав сообщества и предложить пути заселения этого биотопа фораминиферами. Материалом послужили пробы литорального грунта из Диксонфьорда. Пробы объемом 20 см³ (верхний 1 см грунта с площади 20 см²) были собраны по трансекте из 7 станций в трех повторностях с шагом в 250 м от уреза воды во время отлива до верхней границы прилива в июле 2016 года. Грунт фиксирован в 70%-этаноле с красителем Бенгальским розовым (2 г/л) для разделения живых и мертвых фораминифер. Численность фораминифер размером 0.125-0.5 мм пересчитывали на 10 см³. Литоральную фауну мы сравнили с фауной из бассейна того же фьорда. Для сравнения использовали пробы, собранные при помощи бокс-корера 50x50 см в 2005 года на трех станциях в ковше Диксонфьорда.

На побережье Диксонфьорда мы обнаружили 5 видов фораминифер с известковой стенкой раковины: *Elphidium albiumbilicatum*, *Elphidium williamsoni*, *Elphidium clavatum*, *Elphidium incertum* и *Buccella frigida*, из них два последних вида были представлены только пустыми раковинами. Форм с агглютинированной или органической раковинной встречено не было. Численность фораминифер на литорали была крайне низкой (0-12 экз./10см³ для живых (окрашенных) фораминифер и 0-17 экз./10см³ – для мертвых (неокрашенных) раковин). В бассейне фьорда было обнаружено 42 вида живых (окрашенных) фораминифер, включая формы с известковой, агглютинированной и органической раковинной. Общим видом для литорали и бассейна Диксонфьорда был *E. clavatum*, численность которого в бассейне фьорда составила 17-51 экз./10см³. Вероятно, популяция этого вида является смешанной, а литоральное сообщество может пополняться особями *E. clavatum* из более глубоких районов фьорда. Аналогичная картина была показана ранее для литорального макро- и мейобентоса Шпицбергена, сообщества которого оказались фьорд-специфичными, пополнение сообществ на побережье осуществляется за счет пула видов в прилегающей акватории фьорда, а само сообщество является эфемерным и сезонным [8]. Два других литоральных вида

фораминифер, *E. albiumbilicatum* и *E. williamsoni*, отсутствуют в бассейне Диксонфьорда, а также крайне редки или отсутствуют в других фьордах Шпицбергена [9]. Присутствие двух последних видов делает сообщество илистой литорали Диксонфьорда непохожим на другие. Таким образом, мы можем говорить о независимом сообществе на побережье, не являющимся обедненной версией фауны фьорда.

Приливно-отливная отмель – это динамичная среда обитания. Агглютинированные виды не способны к активному перемещению в толще грунта [10]. Сообщество илистой литорали представлено известковыми видами с вторичными устьями и/или большими межкамерными пространствами, где залегает большой объем цитоплазмы, что позволяет им быстро задействовать псевдоподии [11]. В умеренных широтах это виды родов *Ammonia*, *Haynesina* и *Elphidium* [12], способные к активному перемещению в грунте [10]. При продвижении на север, в Скандинавии, представители рода *Elphidium* остаются единственными, способными существовать в приливно-отливной среде обитания [12]. В северной Скандинавии и к востоку от нее, в Белом море (60–70°с.ш.), в литоральной фауне роталиид остаются только *E. williamsoni*, *E. albiumbilicatum* и *E. clavatum* [13, 14]. Именно такой комплекс видов мы нашли на побережье Диксонфьорда (78°с.ш.). Таким образом, таксономически фораминиферы илистой отмели в Диксонфьорде представляют собой роталидное подмножество литоральной фауны фораминифер северной Фенноскандии.

Сходство фаун, а также время формирования самих отмелей свидетельствует в пользу того, что фораминиферы прибыли из северной Европы и заселяли побережье Шпицбергена в течение голоцена. Принципиально, расселение фораминифер возможно тремя путями. Первый способ – расселение посредством водной среды на большие расстояния и освоение удаленных местообитаний при помощи пропагул, ранних стадий развития фораминифер [15]. Второй путь расселения – на лапах перелетных птиц. Считается, что взрослые фораминиферы или молодые особи переносятся в прилипающих к лапам птиц скоплениям литорального грунта [16]. Именно так, вероятнее всего, живые фораминиферы попадают в удаленные от моря соленые озера в глубине материков [16]. В сезон размножения на Шпицберген стекаются огромные популяции птиц, при этом основной путь миграции

проходит вдоль побережья Норвегии, а затем через о. Медвежий. Так, красноногий гусь зимует вокруг Северного моря, а летом размножается в Диксонфьорде [17]. Таким образом, птицы могут заносить литоральных фораминифер из Северной Европы. Распространение послеледниковой литоральной фауны фораминифер возможно и при помощи судов – как через балластные воды современных судов [18], так и в щелях корпусов деревянных судов охотников с побережья северной Европы и Белого моря, посещавших Шпицберген с XII-XVII веков [19]. Фораминиферовый анализ выполнен при поддержке гранта РФФ 21-17-00235.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clark P.U., Dyke A.S., Shakun J.D., Carlson A.E., Clark J., Wohlfarth B., Mitrovica J.X., Hostetler S.W., McCabe A.M. The last glacial maximum // *Science*. 2009. V. 325. P. 710–714.
2. Landvik J.Y., Bondevik S., Elverhøi A., Fjeldskaar W., Mangerud J., Siegert M.J., Salvigsen O., Svendsen J.-I., Vorren T.O. The last glacial maximum of Svalbard and the Barents Sea area: ice sheet extent and configuration // *Quaternary Science Review*. 1998. V. 17. P. 43–75.
3. Mangerud J., Bolstad M., Elgersma A., Helliksen D., Landvik J.Y., Lønne I., Lycke A.K., Salvigsen O., Sandahl T., Svendsen J.I. The last glacial maximum on Spitsbergen, Svalbard // *Quaternary Research*. 1992. V. 38. P.1–31.
4. Forman S.L. Post-glacial relative sea-level history of northwestern Spitsbergen, Svalbard // *Geological Society of America Bulletin*. 1990. V. 102. P.1580–1590.
5. Scott D.B., Medioli F.S. Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: Implications for sea-level studies // *Cushman Foundation for Foraminiferal Research. Special Publication*. 1980. V. 17. P. 1–57.
6. Dionne J.D. Characteristic features of modern tidal flats in cold regions // *Tide-influenced environments and facies*. Reidel Publishing Company, Dordrecht. 1988. P. 301–332.
7. Zajączkowski M., Włodarska-Kowalczyk M. Dynamic sedimentary environments of an Arctic glacier-fed river estuary (Adventfjorden, Svalbard). I. Flux, deposition, and sediment dynamics // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2007. V. 74. No 1-2. P. 285-296.
8. Węśławskii J.M., Szymelfenig M. Community composition of tidal flats on Spitsbergen: consequence of disturbance? // *Biogeochemical cycling and sediment ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1999. P. 185–193.
9. Hald M., Korsun S. Distribution of modern benthic foraminifera from fjords of Svalbard, European Arctic // *Journal of Foraminiferal Research*. 1997. V. 27. P. 101–122.
10. Deldicq N., Seuront L., Langlet D., Bouchet V. Assessing behavioural traits of benthic foraminifera: implications for sediment mixing // *Marine Ecology Progress Series*. 2020. V. 643. P. 21–31.
11. Kitazato H. Locomotion of some benthic foraminifera in and on sediments // *Journal of Foraminiferal Research*. 1988. V. 18. P. 344–349.
12. Murray J.W. Ecology and applications of benthic foraminifera. Cambridge University Press, 2006. 440 p.
13. Corner G.D., Steinsund P.I., Aspeli R. Distribution of recent benthic foraminifera in a subarctic fjord-delta: Tana, Norway // *Marine Geology*. 1996. V. 134. P.113–125.
14. Korsun S., Hald M., Golikova E., Yudina A., Kuznetsov I., Mikhailov D., Knyazeva O. Intertidal foraminiferal fauna and the distribution of Elphidiidae at Chupa Inlet, western White Sea // *Marine Biology Research*. 2014. V. 10. P.153–166.

15. Alve E., Goldstein S. T. Propagule transport as a key method of dispersal in benthic foraminifera (Protista) // *Limnology and Oceanography*. 2003. V. 48. No 6. P. 2163-2170.
16. Holzmann M., Pawlowski J. A note on the phylogenetic position of *Entzia macrescens* (Brady) // *Proceedings of the Ninth International Workshop on Agglutinated Foraminifera*. Grzybowski Foundation Special Publication. 2017. V. 22. P. 75–79.
17. Glahder C.M., Fox A.D., Hübner C.E., Madsen J., Tombre I.M. Prenesting site use of satellite transmitter tagged Svalbard Pink-footed geese *Anser brachyrhynchus* // *Ardea*. 2006. V. 94. P. 679–690.
18. Pawlowski J., Holzmann M. Diversity and geographic distribution of benthic foraminifera: a molecular perspective // *Biodiversity and Conservation*. 2008. V. 17. P. 317–328.
19. Chochorowski J. Archeology in the investigation of the history of human activity in the region of Spitsbergen // *Polish Polar Research*. 1991. V. 12. P. 391–406.

S u m m a r y.

This is the first account of intertidal foraminifera of Spitsbergen. The tidal mudflat was inhabited by a distinct assemblage of three rotallids species (*Elphidium albiumbilicatum*, *E. williamsoni*, and *E. clavatum*). The Dicksonfjord mudflat fauna is the rotaliid subset of the fauna of the northern Fennoscandia tidal flats.

СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА И ФОСФОРА В ВЫБРОСАХ МАКРОФИТОБЕНТОСА НА РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ЮГО- ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Ю.А. Горбунова, С.В. Александров

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, julia_gorbunova@mail.ru

NITROGEN AND PHOSPHORUS CONTENT IN THE CAST OF MACROPHYTOBENTHOS ON THE RUSSIAN PART OF THE SOUTH- EASTERN COAST OF THE BALTIC SEA

J.A. Gorbunova, S.V. Aleksandrov

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow

Аннотация.

Перенос биогенных веществ (азота и фосфора) в прибрежной экосистеме Балтийского моря с выбросами макрофитобентоса особенно актуален в условиях эвтрофикации морских вод под действием природных и антропогенных фактором. В результате натурных наблюдений и лабораторного анализа проб выбросов макрофитобентоса выявлены особенности его распределения и содержания биогенных веществ (азота и фосфора) на побережье Балтийского моря в пределах Калининградской области. Основные объемы выбросов через 1-22 дня смывалась обратно в море, тем самым усиливая эвтрофикацию локальных участков прибрежных вод, а небольшая часть материала под воздействием ветроволновых факторов могла перемещаться вглубь побережья в зону растительности пляжа и дюн.

Ключевые слова: выбросы макрофитобентоса, биогенные вещества, прибрежная зона, Балтийское море.

Выброс на побережье макрофитобентоса является естественным природным процессом, присущим калининградскому побережью Балтийского моря. Его

интенсивность обусловлена степенью эвтрофикации прибрежных вод, определяющей обилие вегетирования первичных продуцентов. В настоящее время, высокая трофность прибрежных морских вод калининградского побережья [1] обусловлена в первую очередь поступлением биогенных веществ (азота и фосфора) от антропогенных источников через систему Вислинского и Куршского заливов [2, 3].

Материалом работы послужили ежемесячные исследования выбросов макрофитобентоса на российской части юго-восточного побережья Балтийского моря (Калининградская область) в период с марта 2019 г. по август 2020 г. Выполнялся отбор проб для определения биомассы и видового состава и учет выбросов (обмер, описание) по стандартизированной схеме с географической привязкой результатов при помощи GPS навигации и фотофиксацией. Определение содержания биогенных веществ (азота и фосфора) было выполнено для типовых проб разного видового состава, сезонности и давности выбросов. Содержание биогенных веществ в выбросах макроводорослей определялось в процентном отношении в единице воздушно-сухой биомассы по стандартным методикам [4, 5].

Как показали наблюдения, появление значительных выбросов макрофитобентоса было обусловлено гидрометеорологическими условиями. Наибольшие по объему выбросы были приурочены к эпизодам штормов, что отмечается и для других побережий [6, 7]. Наибольшие биомассы выбросов макрофитобентоса наблюдались на северном побережье Самбийского полуострова, эпизодически достигая 1700 кг сух. вес./100 м побережья. На большей части западного побережья, а также вдоль Куршской и Вислинской кос, выбросы, как правило не превышали 1 кг сух. вес./100 м побережья.

Содержание биогенных веществ было идентифицировано в макроводорослях из родов: *Furcellaria*, *Polysiphonia*, *Cladophora*, *Ulva*, *Fucus* и в морской траве *Zostera*. Эти таксоны относятся к наиболее распространенным в выбросах южной части Балтийского моря [8]. Наибольшее содержание азота наблюдалось у красных водорослей (3,63%), фосфора – у зеленых и красных (0,24% и 0,21%). Наименьшее содержание, как азота, так и фосфора наблюдалось у бурых водорослей. Ежемесячные обследования выбросов макрофитобентоса на модельном участке северного побережья Самбийского полуострова (в Филинской бухте), характеризующимся частым и обильным их появлением, показали, что среднее поступление азота с выбросами составляло порядка 2,8 кг/100 м побережья, фосфора – 0,2 кг/100 м побережья. Основная масса выброшенного на побережье макрофитобентоса через некоторый промежуток времени (от 22 до <1 дня) смывалась обратно в море, а небольшая часть материала могла разноситься по побережью под влиянием ветро-

волновых факторов. В предыдущих работах нами отмечалось пространственное совпадение районов максимальных выбросов макроводорослей, в общих чертах отражающих обилие макрофитобентоса в прибрежной зоне, и повышенной концентрации хлорофилла «а» в воде (как показателя продуктивности фитопланктона), что свидетельствовало о сходном отклике сообществ микро- и макроводорослей на природные условия и эвтрофирование вод [9, 10]. Кроме того, интенсивные выбросы макрофитобентоса в отдельных районах побережья, способствующие при их повторном смыве повышению трофности локальных участков прибрежных вод, в существенной степени обусловлены особенностями береговой линии и характером гидродинамических условий литоральной зоны.

Фрагменты макрофитобентоса были обнаружены в поясе растительности (рис. 1) на протяжении практически всего побережья. В задней части пляжа Филинской бухты, в растительности дюнного вала Куршской и Вислинской кос, пляжа в районе г. Янтарного, они были обнаружены на расстоянии 50 и более метров от уреза воды. Таким образом, макроводоросли и морские травы, выбрасываемые на побережье, могут включаться в биотический круговорот наземных экосистем. По мнению Г. Вальтера, биогенные вещества, высвобождающиеся в результате разложения выброшенных на берег водорослей, играют важную роль при формировании пионерной растительности песчаных дюн морского побережья [11].



Рис. 1. Выбросы макрофитобентоса в поясе растительности пляжа (западное побережье мыса Таран, калининградское побережье юго-восточной Балтики, август 2020 г.).

Для оценки потенциальной роли выбросов макрофитобентоса как дополнительного источника биогенов для наземной экосистемы был проведен отбор проб на побережье Филинской бухты. Для этого на опытной площадке, расположенной в поясе пляжной растительности, производилась выборка всех фрагментов макрофитобентоса с частотой 1-3 раза в месяц с последующей их лабораторной обработкой. За период с 6 сентября 2019 г. по 25 августа 2020 г. с модельного участка площадью 1 м² было собрано 380 г выбросов водорослей (воздушно-сухой вес), содержащих 14 г азота и 0,57 г фосфора. Необходимо отметить, что в зимний период проведения полевых работ, снежный покров на побережье и ледяной припай в море отсутствовали в силу теплой зимы.

Таким образом, выбросы макрофитобентоса, особенно составленные красными водорослями, содержали большое количество в первую очередь азота (до 3,63%), что сравнимо с сидеральными сельскохозяйственными культурами. Количество азота и фосфора, приносимое из морской среды на побережье с выбросами макрофитобентоса достигало на отдельных участках северного побережья Самбийского полуострова Калининградской области – 36 и 3 кг/100 м побережья, а для большей части западного побережья, Куршской и Вислинской кос не превышало 20 и 2 г/100 м побережья соответственно. Большая часть выбрасываемого на побережье макрофитобентоса в последующем смывалась обратно в море, тем самым усиливая эвтрофикацию локальных участков прибрежных вод. Небольшая часть выбрасываемого на побережье макрофитобентоса под воздействием ветро-волновых факторов могла перемещаться вглубь побережья, становясь дополнительным внешним источником биогенных веществ для растительности пляжа и дюн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцева Е.А., Александров С.В. Гидролого-гидрохимические основы первичной продуктивности и районирование российского сектора Гданьского бассейна Балтийского моря // *Океанология*. 2019. Т. 59. № 1. С. 56-71.
2. Александров С.В., Сташко А.В. Пространственное распределение и сезонная динамика биогенных элементов в Вислинском заливе в 2019 году // *Известия КГТУ*. 2021. № 60. С. 11-21.
3. Горбунова, Ю.А., Домнин Д.А., Чубаренко Б.В. Анализ сценариев развития агропромышленного сектора в водосборном бассейне реки Преголи как определяющего фактора биогенной нагрузки // *Известия КГТУ*. 2015. № 39. С. 11-19.
4. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М: Стандартинформ, 2019. 16с.
5. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Минск: Межгосударств. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. 68с.
6. Suursaar U., Torn K., Martin G., Herkul K., Kullas T. Formation and species composition of stormcast beach wrack in the Gulf of Riga, Baltic Sea // *Oceanologia*. 2014. Vol.56 (4). P. 673–695.

7. Блинова, Е.И. Водоросли-макрофиты и травы морей Европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура). М.: Изд-во ВНИРО, 2007. 114 с.
8. Горбунова, Ю.А., Есюкова Е.Е. Выбросы макроводорослей и морских трав на российской части юго-восточного побережья Балтийского моря // Известия КГТУ. 2020. № 59. С. 23-34.
9. Горбунова, Ю.А., Александров С.В. Распределение выбросов макроводорослей на российской части морского побережья Калининградской области в зависимости от трофности прибрежных вод // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ: Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–24 октября 2020 года. Санкт-Петербург, 2020. С. 475-477.
10. Александров С.В., Горбунова, Ю.А. Уровень эвтрофирования прибрежных вод и пространственное распределение выбросов фитобентоса на побережье в калининградской зоне Балтийского моря // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: Тезисы докладов Международной научной конференции, посвящённой 150-летию Севастопольской биологической станции - Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», Севастополь, 13–18 сентября 2021 года. Севастополь, 2021. С. 627-628.
11. Вальтер, Г. Растительность земного шара. Том 3. Тундры, луга, степи, внетропические пустыни. М.: Прогресс, 1975. 428 с.

S u m m a r y.

The issue of nutrients transfer (nitrogen and phosphorus) in the coastal ecosystem of the Baltic Sea with cast of macrophytobenthos is especially relevant in the conditions of eutrophication of sea waters under the influence of natural and anthropogenic factors. As a result of field observations and laboratory analysis of samples of macrophytobenthos emissions on the coast of the Baltic Sea within the Kaliningrad Oblast, the features of its distribution and the content of nutrients were investigated. It was found that most of the cast were washed back into the sea after 1-22 days, and a small part could move inland under the influence of wind and wave factors.

ДИНАМИКА ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ ОТ МИС-2 К СОВРЕМЕННОСТИ НА СЕВЕРЕ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ

¹А.А. Гурина, Р.Ю. Дудко, А.А. Легалов

*Институт систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск, Россия)
auri.na@mail.ru*

DYNAMICS OF ENTOMOCOMPLEXES FROM MIS2 TO PRESENT IN THE NORTH OF KUZNETSK DEPRESSION

A.A. Gurina, R.Yu. Dudko, A.A. Legalov

Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch of RAS (Novosibirsk, Russia)

Аннотация.

На севере Кузнецкой котловины были найдены два местонахождения четвертичных насекомых Степногутово-1 и Степногутово-2. Для понимания изменений энтомофауны с течением времени, было проведено сравнение ископаемых и современных энтомокомплексов. Последние были исследованы в различных биотопах на трансекте от степей Кузнецкой котловины до темнохвойной тайги Салаирского кряжа. Энтомокомплекс Степногутово-1 практически не имеет сходства с региональной фауной. Он соответствует позднеплейстоценовой отиоринхусной фауне, характерной для этого периода на юге Западно-Сибирской равнины. Энтомокомплекс Степногутово-2 (11825-12495 л. н.)

соответствует региональной фауне, в особенности темнохвойной тайги Салаирского кряжа. Вероятно, в период дегляциации леса в регионе имели более широкое распространение.

Ключевые слова: Палеоэнтомология, Западная Сибирь, Кузнецкая котловина, четвертичный период, отиоринхусная фауна.

Изучение климата прошлого является основой для понимания современных и прогнозирования будущих изменений окружающей среды. Последняя, наиболее значимая, трансформация климата произошла на границе плейстоцена и голоцена. Компоненты живой природы по-разному отреагировали на произошедшее потепление. Многие плейстоценовые доминанты вымерли или резко сократили ареал и численность. Изучение условий обитания плейстоценовых животных являются объектом исследований уже более ста лет. Кроме хорошо известных всем мамонтов и шерстистых носорогов в плейстоцене жили и насекомые, которые, в отличие от мегафауны, не вымерли, а продолжают встречаться и в настоящее время. Насекомые, благодаря своему разнообразию, занимают различные экологические ниши. Найденные в захоронениях фрагменты насекомых (чаще жесткокрылых) отличаются хорошей сохранностью, что позволяет определять их видовую принадлежность. Реконструкция энтомокомплексов на юге Западно-Сибирской равнины показала существование уникальной «отиоринхусной» фауны, аналогов которой в настоящее время нет [2, 3, 4, 5]. Эти энтомокомплексы обитали на безлесных открытых пространствах тундро-степного типа.

Нами были найдены два позднечетвертичных местонахождения с остатками насекомых, расположенные на севере Кузнецкой котловины у подножий Салаирского кряжа. Растительность в этой части котловины представлена степными и лугово-степными ландшафтами, переходящими, ближе к горам, в мелколиственный лес, сменяющийся черневой тайгой. Энтомокомплекс первого местонахождения представлен «отиоринхусной» фауной, характерной для последнего ледникового максимума на юге Западно-Сибирской равнины. Второе местонахождение было датировано и отнесено к периоду дегляциации. Для понимания процессов замещения «отиоринхусной» фауны современной, мы провели весенние учеты насекомых в контрастно различающихся биотопах от черневой тайги Салаирского кряжа до степей севера Кузнецкой котловины. Ловушки были установлены на срок в 10 дней (10-20.05.2022).

В данной работе приводятся данные предварительного анализа энтомокомплексов Степногутово. Рассмотрены проба 2 для Степногутово-1 и проба 12 для Степногутово-2.

Энтомологический анализ проводился с использованием методики разработанной Расселом Купом в 1959 г. с дополнениями [1].

Степногутово-1

Местонахождение расположено на правом берегу р. Тарсьма в Тогучинском районе Новосибирской области (54,84973° N, 84,88219° E). Оно представлено 7-метровым обрывом, сложенным суглинками, преимущественно бежево-рыжеватых оттенков, в нижней части переходящих в синевато-серые, из которых взято три пробы. Радиоуглеродное датирование проб из этого местонахождения ввиду малого количества растительных остатков пока не проводилось. Энтомологический анализ показал, что из 167 фрагментов насекомых, найденных в пробе 2, 99,4% (166 фр.) принадлежит жесткокрылым (Coleoptera) и лишь 1 фрагмент относится к двукрылым (Diptera). Жесткокрылые представлены 11 семействами, из которых основу энтомокомплекса составляют жуки-долгоносики (Curculionidae) - 59%. Другие семейства составляют от 10% (Carabidae) до 0,5% (Staphylinidae). Большая часть фрагментов жуков принадлежит трем близким видам долгоносиков *Otiorhynchus bardus*, *O. af. ursus* и *O. janovskii*, кроме них также присутствуют фрагменты мертвоедов, жужелиц и чернотелок (*Aclypaea cf. sericea*, *Poecilus cf. ravus*, *Centorus cf. rufipes*). Сочетание приведенных выше видов с доминированием *Otiorhynchus* является показателем «отиоринхусной» фауны, характерной для плейстоцена.

Степногутово-2

Местонахождение расположено на левом берегу р. Тарсьма (54,85141° N, 84,88020° E) в 200 м выше по течению от Степногутово-1 и представлено 4-метровым обрывом. В верхней части обрыв сложен супесью бежево-рыжих оттенков. На глубине три метра и ниже супеси сменяются глинами и суглинками серо-голубых оттенков с большим количеством растительных остатков (древесины, шишек, хвои). Из местонахождения Степногутово-2 на энтомологический анализ было взято 12 проб. Радиоуглеродное датирование пробы 11 показало калиброванный возраст 11825-12495 л. н. Энтомокомплекс Степногутово-2 имеет более равномерное распределение, чем Степногутово-1.

Из 61 фрагмента насекомых три принадлежит перепончатокрылым (Hymenoptera), а 58 жесткокрылым (Coleoptera). Жуки представлены 13 семействами, среди которых довольно много коротконадкрылых жуков (Staphylinidae) - 20%, долгоносиков (Curculionidae) - 16% и листоедов (Crysomelidae) - 13%. В энтомокомплексе отмечены короед (*Orthotomicus suturalis*) - вредитель хвойных деревьев, а также жужелицы - обитатели лесов (*Carabus cf. aeruginosus*) и околотовные формы (*Bembidion shueppelii*).

Сравнение тафоценозов с учетами современных насекомых из разных биотопов показало следующие результаты. В тафоценозе Степногутово-1 найден лишь один вид из современных учетов *Loborhynchapion amethystinum*, отмеченный в учетах из степного биотопа. Другие виды из данного местонахождения не обитают в регионе сегодня. Так, например, *Otiorhynchus bardus* не встречается в Западной Сибири, а обитает гораздо южнее, на территории Центрального и Восточного Казахстана. *Aclypaea cf. sericea*, отмечается на юго-востоке Русской равнины, в Центральном Казахстане и Юго-Восточном Алтае. *Poecilus cf. rarus* - обитает в степных котловинах Южной Сибири и Монголии. Сочетание этих видов в тафоценозе указывает на то, что в период осадконакопления в окрестностях местонахождения существовали открытые ландшафты тундро-степного типа. Кроме того, стоит отметить присутствие чернотелки *Centorus cf. rufipes* - обитающей в настоящее время на берегах соленых озер, что указывает на присутствие солончаковых биотопов. Напротив, энтомокомплекс Степногутово-2 имеет большее сходство с насекомыми из учетов. Общие виды (*Clivina fossor*, *Bembidion schueppelii* и *Carabus aeruginosus*) отмечены для лесных и околотовных биотопов Салаирского кряжа. Что касается степных ландшафтов в окрестностях местонахождений, то с ними Степногутово-2 не имеет общих видов.

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы. Вероятнее всего, фауна Степногутово-1 соответствует последнему ледниковому периоду плейстоцена, когда криоаридные ландшафты (для которых на юге Западной Сибири характерны «отиоринхусные» фауны) имели наибольшее распространение. Большая часть видов отсутствует в региональной фауне. Энтомокомплекс Степногутово-2, напротив, состоит из видов, обитающих сегодня в регионе. Сравнение видового состава Степногутово-2 с данными учётов в различных биотопах, показало высокое сходство с энтомофауной

темнохвойной тайги Салаирского кряжа. Вероятно, это обусловлено тем, что период дегляциации был более влажным по сравнению с современным, и леса имели более широкое распространение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Coope G.R. A late Pleistocene insect fauna from Chelford, Cheshire//Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 1959. V. 151 P. 70–86.
2. Gurina A.A., Dudko R.Yu., Prosvirov A.S. et al. Coleoptera assemblages from the Quaternary deposits of Kizikha river, the southernmost late Pleistocene insects of the West Siberian Plain//Invertebrate Zoology. 2019. V. 16 No2. P. 165–182.
3. Gurina A.A., Dudko R.Yu., Tshernyshev S.E. et al. Late Pleistocene insects from the Dubrovino site at Ob River (West Siberia, Russia) and their paleoenvironmental significance// Palaeontologia Electronica. 2019. 22.1.3A. P. 1–18.
4. Gurina A.A., Dudko R.Yu., Zinovyev E.V. et al. Late Pleistocene taphocoenosis of insects and small mammals from the upper reaches of the Ob River// Paleontological Journal. 2018. V. 52 No 13. P. 1610–1622.
5. Dudko R.Yu., Danukalova G.A., Gurina A.A. et al. Insects and molluscs of the Late Pleistocene at the Gornovo site (Southern Ural foreland, Russia): New data on palaeoenvironment reconstructions// Quaternary International. 2022. V. 652. P. 154–177.

S u m m a r y.

Two localities of Quaternary insects, Stepnogutovo-1 and Stepnogutovo-2, were found in the north of the Kuznetsk Depression. A comparison between fossil and modern entomocomplexes for knowledge of the changes in the entomofauna over time was made. The modern entomocomplexes were studied in different biotopes on the transect from the steppes of the Kuznetsk Depression to the dark coniferous forests of the Salair Ridge. The Stepnogutovo-1 entomocomplex doesn't almost similarity with the regional fauna. It corresponds to the late Pleistocene "Otiorynchus-type" fauna typical of this time in the south of the West Siberian Plain. The Stepnogutovo-2 entomocomplex of (11825-12495 cal BP) corresponds to the regional fauna, especially the dark coniferous forests of the Salair Ridge. Forests in the region, probably, were more widespread during the deglaciation period.

МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ НИВАЛЬНО-ГЛЯЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ МАЛОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА АРИДНОГО АЛТАЯ

^{1,2}Е.С. Деркач

¹Институт наук о Земле СПбГУ, г. Санкт-Петербург, katya.d96@bk.ru

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург

INTERPRETATION METHODS OF THE LITTLE ICE AGE NIVAL-GLACIAL SYSTEMS IN THE ARID ALTAI

^{1,2}E.S. Derkach

¹Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg

²Komarov Botanical Institute of the RAS, St. Petersburg

Аннотация.

В работе предложены методы реконструкции нивально-гляциальных систем малого ледникового периода горных массивов аридного Алтая. Рассмотрены возможности

применения относительного датирования для описания разновозрастных морен. Описаны результаты визуального дешифрирования и сравнение их с результатами автоматизированного дешифрирования. Показано, что надежность автоматизированных методов дешифрирования составляет около 80 процентов, что делает автоматизацию дешифрирования перспективным направлением исследования моренных комплексов.

Ключевые слова: палеогляциология, малый ледниковый период, автоматизированное дешифрирование, относительное датирование, аридный Алтай.

На протяжении многих лет Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета проводит комплексные исследования горных массивов Юго-Восточного Алтая и Монгольского Алтая. Для региона характерен континентальный и резко-континентальный климат с годовым количеством осадков, не превышающим 300 мм [1].

Объекты исследования данной работы – северо-восточная часть горного массива Монгун-Тайга (республика Тыва), северный склон массива Табын-Богдо-Ола (республика Алтай) и северо-восточная часть массива Цамбагарав (Монголия). Для этих массивов характерно наличие современного оледенения и следов древних оледенений, а также сочетание альпинотипных высокогорных форм рельефа с разновысотными поверхностями выравнивания.

Целью данной работы является обзор применяемых автором методов реконструкции нивально-гляциальных систем (далее НГС) малого ледникового периода (далее МЛП) этих трех массивов.

Современные морены и морены МЛП на местности выражены в приуроченных к концам ледников в верховьях троговых долин незадернованных каменистых отложениях сероватого цвета с конечно-моренными валами [2].

Методы исследования и реконструкции НГС МЛП можно разделить на дистанционные и полевые:

1. Дистанционные методы, в том числе визуальное (ручное) и автоматизированное дешифрирование по космическим снимкам

2. Полевые методы. Во время экспедиционных исследований мы пользовались модернизированной методикой относительного датирования Портера-Девяткина, которая позволяет качественно и количественно описать разновозрастные моренные отложения [3]. В данную методику входит описание на пробных площадях таких критериев, как задернованность площадки, количество мелкозема, для крупных валунов – степень покрытия лишайниками, степень трещиноватости, коэффициент упругости. Относительное датирование

для данного региона является перспективным, так как найти образцы для абсолютного датирования затруднительно.

Визуальное дешифрирование современного оледенения и следов оледенения МЛП проводилось с использованием мультиспектральных космических снимков (Sentinel-2 и др.). В ходе автоматизированного дешифрирования НГС возраста МЛП и моложе автором был предложен вегетационно-морфометрический признак, отвечающий следующим критериям: значения NDVI в диапазоне от -0,01 до 0,1 (соответствуют участкам без растительности); приуроченность к склонам крутизной менее 25 ° (исключаются незадернованные каменистые склоны гравитационного сноса); расположение на высотах менее 3200 м н.у.м. (исключаются высокогорные поверхности выравнивания, не имеющие следов морен МЛП, но при этом, из-за высоких абсолютных значений высот и аридного климата, характеризующиеся отсутствием растительности). Согласно результатам (рис. 1), 80% площади как предложенного признака, так и объекта (результата ручного дешифрирования) покрывается площадью совпадения объекта с признаком, что делает возможным попытку автоматизировать дешифрирование современных морен и морен МЛП.

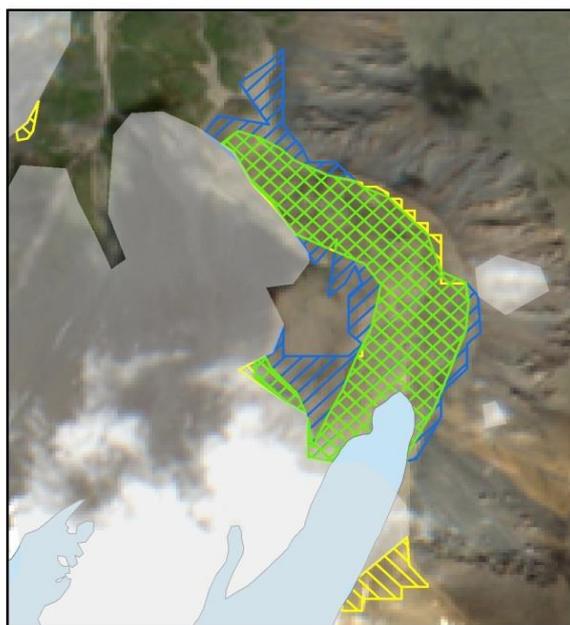
В ходе полевых исследований были изучены морены МЛП и моложе, а также моренные комплексы, относимые автором к плейстоцену (табл. 1).

Таблица 1. Результаты полевых исследований

Горный массив \ Параметр	Табын-Богдо-Ола		Монгун-Тайга		Цамбагарав	
	Плейст.	МЛП	Плейст.	МЛП	Плейст.	МЛП
Задернованность (интервал), %	70-90	0-10	50-70	0-3	60-80	0- 2
Покрытие лишайниками, %	79	1	64	2	40	3
Трещиноватость (среднее количество трещин/валун)	1,1	2,2	2,6	2,7	3,9	6,7
Коэффициент упругости	53	62	44	56	48	59

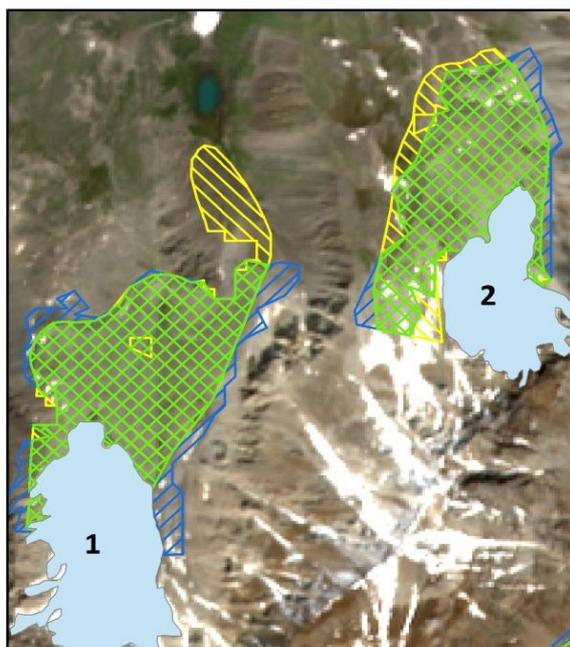
А. Ледник Правый Мугур

0 0,25 0,5 1 км



Б. Ледники Восточный Балыктыг (1) и Западный Мугур (2)

0 0,25 0,5 1 км



 Современное оледенение

 Область вегетационно-морфометрического признака (предполагаемых выположенных морен МЛП и современных, находящихся ниже 3200 м н.у.м.)

 Объекты исследования (современные морены и морены МЛП ниже 3200 м н.у.м.)

 Пересечение вегетационно-морфометрического признака с объектом исследования

Полупрозрачным серым цветом обозначены участки снимка с облачностью и тенями от облаков.

Рис. 1. Результаты применения вегетационно-морфометрического признака и его сравнение с результатами визуального дешифрирования (показано на фрагментах снимка).

При сравнении полученных данных видны существенные различия параметров (за исключением трещиноватости) в зависимости от возраста. Наиболее высокой степенью задернованности морен обеих эпох оледенения характеризуется горный массив Табын-Богдо-Ола. При этом в плейстоцене задернованность во всех случаях более 50 %, а на современных моренах и моренах МЛП ни в одном из исследуемых массивов она не превышает 10%. Покрытие валунов морен МЛП лишайниками также существенно меньше, чем более на более древних моренах. Коэффициент упругости выше у валунов современных морен на 9-12 единиц, при этом в целом коэффициенты упругости валунов разных массивов различаются в зависимости от их литологического состава.

Таким образом, разновозрастные моренные комплексы могут быть изучены как с применением дистанционных методов, так и в полевых условиях.

Комбинирование автоматизированных дистанционных методов дешифрирования, ускоряющих процессы обработки данных, с визуальным дешифрированием и последующей ручной коррекцией и доработкой являются перспективным направлением в исследовании НГС. Описанные методы датирования позволяют с достаточно высокой надежностью выделить морены МЛП на тех высотах, где может развиваться растительность. Всестороннее изучение НГС аридного Алтая, их особенностей и влияния на природные ландшафты способствует развитию смежных отраслей географии (гляциоклиматологии, палеогляциологии и др.).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-67-00020).

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистяков К.В., Ганюшкин Д.А., Курочкин Ю.Н. Современное состояние и динамика нивально-гляциальных систем массивов Монгун-Тайга и Таван-Богдо-Ола // Лёд и Снег. 2015. № 1 (129). С. 49-60.
2. Агатова А.Р., Назаров А.Н., Непоп Р.К., Орлова Л.А. Радиоуглеродная хронология гляциальных и климатических событий голоцена Юго-Восточного Алтая (Центральная Азия) // Геология и геофизика. 2012. № 6 (53). С. 712-737.
3. Ganyushkin D.A., Lessovaia S.N., Vlasov D.Y., Kopitsa G.P., Almásy L., Chistyakov K.V., Panova E.G., Derkach E., Alekseeva A. Application of Rock Weathering and Colonization by Biota for the Relative Dating of Moraines from the Arid Part of the Russian Altai Mountains // Geosciences. 2021. V. 11 (8): 342.

S u m m a r y.

Methods for reconstructing the nival-glacial systems of the Little Ice Age in the arid Altai mountain ranges are proposed. The possibilities of using relative dating methods to describe uneven-aged moraines are considered. The results of visual interpretation and their comparison with the results of automated interpretation are presented. The reliability of automated deciphering methods is about 80 percent, that makes deciphering automation a promising direction in the study of moraine complexes.

ИСТОРИЯ ЧОКРАКСКОГО ОЗЕРА – НОВЫЕ ДАННЫЕ

В.А. Дикарёв

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, dikarev@rambler.ru

THE CHOKRAK LAKE HISTORY – NEW DATA

V.A. Dikarev

Moscow State University of M.V. Lomonosov, Moscow

Аннотация.

В 2020-2021 гг. в обрыве западного берега мыса, расположенного в южной части Чокракского озера, в непосредственной близости от раскопа большой античной усадьбы IV-I вв. до н.э. были выявлены остатки солидной стены. Она имела в ширину до 2.4 м и прослежена в длину, в сторону озера не менее чем 23 м, а скорее всего, и больше. По сопутствовавшим немногочисленным находкам время её строительства можно отнести к самому началу III вв. до н.э. По всей видимости, аналогичная стена существовала и на восточном склоне мыса. Очевидно, они являлись продолжением укреплений усадьбы на нижних террасах мыса, в настоящее время почти совершенно затопленных озером. Менее вероятно, что обе стены как-то были связаны с добычей соли и лечебных грязей ещё в древности. Вместе с тем, в стратиграфии западного раскопа была зафиксирована «аномалия», объяснимая лишь временным значительным (до 2 м) подъёмом уровня озера, вероятно уже в раннесредневековое время. В любом случае – это весомый повод для дальнейших палеогеографических и археологических изысканий в области динамики уровней воды и берегов Азовского моря в античности и средневековье.

Ключевые слова: Голоцен, Геоморфология, Геоархеология, Палеогеография, Античность, Радиоуглерод.

Чокракское солёное озеро – одно из интересных природных объектов, находится на севере Керченского п-ова на т.н. Караларском побережье. Озеро образовалось в результате отделения части бывшего морского залива песчаной пересыпью. Однако, когда именно это произошло, и было это событие единоразовым или озеро периодически соединялось с акваторией моря - точно не известно. В любом случае это имело место после появления самого Азовского моря то есть, по геологическим «меркам» недавно – в позднем голоцене, около 5600 г. до н.э. – т.е. уже на памяти некоего местного населения.

Озеро в настоящее время занимает овальную котловину шириной около 3-4 км, возникшую на месте обширного грязевулканического поля, и окружено возвышенностями высотой до 100 м. Максимальная глубина его в обычных условиях всего 1,5 м. Северная часть отделена от бухты «Морской пехоты» Азовского моря песчано-ракушечной пересыпью, досыпанной и укрепленной гравием относительно недавно. Наибольшая ширина её 150 м, минимальная 30 - 50 м. Берега озера местами высокие - до 14 м, в основном обрывистые, сложенные известняками, мергелями и глинами и прорезанные подступающими к котловине балками. В северной, южной и юго-западной его

части у подножия коренного берега протянулись песчано-ракушечными «пляжи». В обнажениях на восточном и западном мысах озера обнажаются карангатские отложения морской фауны, которые были описаны у П.В. Федорова в его монографии посвящённой четвертичной геологии Черноморского побережья [5]. Упомянутые склоны мыса переходят в его береговую линию шириной 3-7 м (прибрежная терраса) и далее в полностью пересыхающее в жаркий летний период плотное илистое дно озера.

В сезон 2020-2021 гг. у берега озера были открыты остатки солидной стены и небольшие участки культурного слоя. Мощность археологических и чисто геологических напластований, которые отражали не только специфику склона, но и целый ряд локальных геолого-морфологических особенностей составляла здесь от 0.3-0.35 м (на западе) до 1.7/1.8 – 2.2 м (в центре и на востоке). В восточной части стены её основание лежит на достаточно толстом (до 0.4-0.45 м) слое тёмно-серого, рыхлого и влажного грунта с включением фрагментов керамики, отдельных костей животных и раковин моллюсков. Западнее, насколько это удалось проследить, – на тонком (до 0.08 м) «горизонте» такого же грунта, переходящем в плотную супесь и (фактически уже под водой, грязью и илом) вязкую, серую и сырую глину. Торцовая часть стены примыкала к специально немного (на 0.22 м) заглублённому и почти вертикально «подрезанному» материковому грунту: сначала плотному глинистому, затем ещё более твёрдой (коренной) материковой породе (галька со щебнем). В данном случае мы имеем дело с неким весьма значительным и новым объектом на ранее исследованном памятнике. Когда же строилась эта стена? В конце первой трети III в. до н.э. или несколько (не ясно насколько) ранее? Но теоретически возможен и вариант с датировкой: начало второй половины I в. до н.э. (время возрождения и кардинальной перепланировки усадьбы) [4].

Примеры такого рода сооружений даже в Приазовье нам хорошо известны. Например, мол около усадебного комплекса Казантип-Западный, который был прослежен в длину на 13.5 м (от берега мыса до скалы - островка) при ширине 3.3 м и сохранившейся высоте до 1.4 м [4]. Нечто подобное до сих пор заметно в море в западной части мыса Зюк и в небольшом удалении к югу от поселения Золотое-Берег. Наверняка, искусственные причалы существовали близ других античных городищ рассматриваемого региона: ведь морские промысел и

торговля, да и просто контакты по морю были неотъемлемой частью жизни и быта их обитателей. Правда, в «нашей» стене, как-то некстати, имелся проход-калитка, через которую носить груз и просто ходить было совсем неудобно. Да и относительно судоходства на Чокракском озере в древности есть сильнейшие сомнения.

Так или иначе, но одно ясно: окружающий ландшафт был 2500-2000 лет назад иным. Очевидно, в античный период, вернее, тогда, когда строились оборонительные стены усадьбой (либо начало III, либо середина I вв. до н.э.) на нижних террасах мыса, уровень Чокракского озера, а, может быть, морского залива (следовательно, и Азовского моря – Меотиды) был заметно ниже современного. А как же иначе: ведь это сообщающиеся водоёмы. Но отсюда и дополнительные вопросы. Например: как же тогда по нему – озеру/лиману плавали и плавали ли вообще? А ведь без этого обитателям данной усадьбы – боспорским грекам было никак нельзя! Иным была, надо думать, и характеристика этого водоёма в плане его солёности и т.п. Во всяком случае, упомянутые находки раковин моллюсков, в частности устриц, которые не могут обитать здесь в нынешних условиях, свидетельствуют в пользу этого. Вопрос только в хронологии и динамике всех этих процессов и явлений. Есть и другие, выявленные нашими недавними раскопками и иными наблюдениями факты и обстоятельства, которые ещё более запутывают здешнюю общую палеоэкологическую «картину». Что мы имеем в виду? А вот что. В 2012 г. вышла обстоятельная статья о палеогеографии Чокракского озера, написанная в соавторстве немецкими и российскими исследователями по результатам бурения на мысу «Южный» и на пересыпи озера [6]. Бурение показало чередование морских и лагунных отложений в керне шурфов, и по данным радиоуглеродного и диатомового анализов были сделаны выводы о границах акватории Чокракского озера в различные временные эпохи, а также о морском или же озерном характере слагающих его фаций новейших отложений. В итоге было сделано четыре палеогеографических реконструкций для различных временных «срезов» (табл. 1-4).

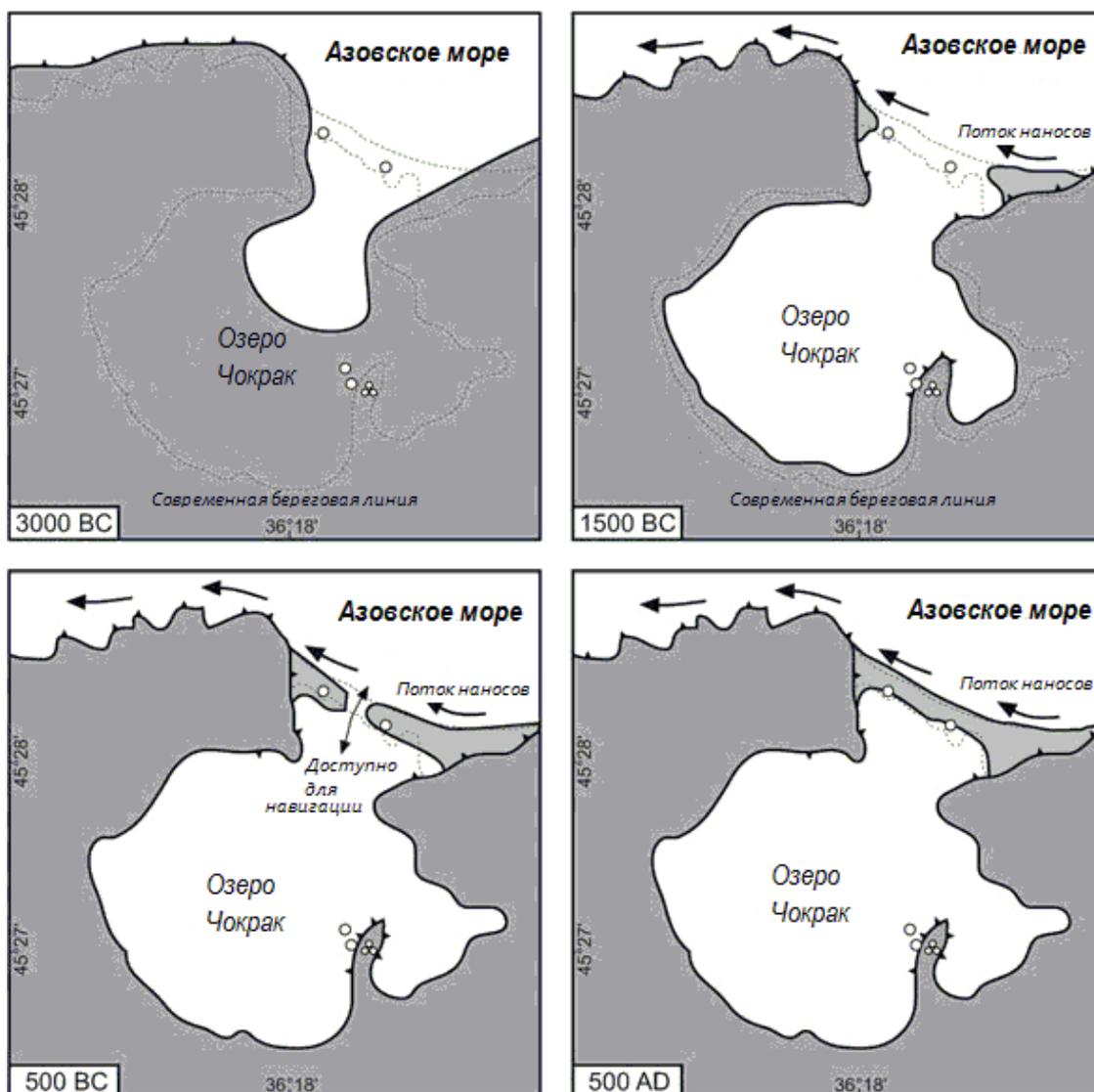


Табл. 1-4. Палеогеографическая реконструкция района Чокракского озера 3000 л. до н.э., 1500 л. до н.э., 500 л. до н.э. и 500 л. н.э. (Для последней реконструкции, необходимо учитывать высыхание озера летом.)

Согласно им, уже к началу греческой колонизации Северного Причерноморья в VII-VI вв. до н.э. озеро достигло своих современных границ. В период первого расцвета поселений на Керченском полуострове (IV-III вв. до н.э.) озеро, скорее всего, являлось полузакрытым водоёмом с небольшой протокой, соединявшей его с Азовским морем (Меотидой) и позволявшим навигацию на нём легких судов. Упадок рассматриваемого поселения на Чокракском мысу в выводах статьи связывался с «закрытием» пересыпи и превращением озера в солёный лиман. Но в конце этого периода или в конце I в. до н.э. – авторы не уточняют, да и не могли этого сделать.

Однако данное представление о палеогеографии Чокракского озера не единственное. В частности, есть сомнения в скорости накопления наносов

Чокракской пересыпи. Возможно её «закрытие» произошло значительно позже. В античное же время, точнее – в период существования поселения на Чокракском мысу (авторы вновь не уточняют дату) и, добавим, описываемых сооружений, пролив (протока) был намного шире. В этом случае можно предположить, что в связи с замедлением подъема уровня моря, происходило заиливание озера, и оно становилось все более и более мелководным и недоступным для плавания даже легких судов. Этот фактор, вместе с осолонением источников пресной воды был, по-видимому, причиной «деградации» поселения на Чокракском мысу, хотя нельзя исключать чисто исторические и экономические факторы [3]. В любом случае, стены, уходящие ниже современного уровня озера и примыкающие к глиняному откосу мыса, дают нам новые данные, которые требуют пересмотреть предложенную в указанной статье концепцию эволюции озера в позднем голоцене.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дикарёв В.А. Берега Чёрного и Азовского морей в условиях изменения уровня моря // в сборнике VIII Щукинские чтения: рельеф и природопользование. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, Москва, 28 сентября-1 октября 2020 г, издательство Издательский дом МГУ (Москва), с. 626-630
2. Дикарёв В.А. Реконструкция палеорельефа бухты Широкая (Керченский п-ов) и античного поселения Генеральское Западное // IV (XX) Всероссийского археологического съезда в Казани. Т. 4. Казань. «Отечество». 2014. С. 314–317.
3. Дикарёв В.А. Эволюция озера Чокрак (Керченский полуостров) в позднем голоцене//Материалы 6-й Международной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2021», Изд-во «Перо», Москва, 2021, с. 88-89.
4. Масленников А.А. Царская хора Боспора (по материалам раскопок в Крымском Приазовье). Том 1. Архитектурно-строительная и археологическая характеристика памятников // М. ИА РАН. 2010. 244 с.
5. Федоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия. М.: Наука, 1978. 163 с.
6. Kelterbaum D., Brückner H., Dikarev V., Gerhard S. et al. Palaeogeographic Changes at Lake Chokrak on the Kerch Peninsula, Ukraine, during the Mid- and Late-Holocene // *Geoarchaeology - An International Journal*, John Wiley & Sons Inc. (United States) 2012, vol. 27, № 3, pp. 206-219.

S u m m a r y.

During 2020-2021 remains of a solid wall were found in vicinity of IV-I centuries BC large ancient settlement excavations. This wall was located in the southern part of Chokrak Lake in the cliff at the western slope of the cape «Yuzny». Due to few accompanying artefacts, time of its construction can be related to the beginning of the III centuries BC. Obviously, there were a continuation of this fortifications at the settlement on the lower terraces of the cape, which now are almost completely flooded by the lake. At the same time, an “anomaly” was recorded in the stratigraphy of the western excavation. It can be explained only by a temporary significant (up to 2 m) lake level rise, probably at early medieval period. In any case, this is a significant reason for further paleogeographic and archaeological research of water level dynamics and the Sea of Azov coastal history in the antiquity and the Middle Ages.

ОСОБЕННОСТИ ТАФНОМИИ БИОМОРФ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В КРИОЛИТОЗОНЕ

¹О.Г. Занина, ²Д.А. Лопатина

¹*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения - обособленное
подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН*

²*Геологический институт РАН*

PECULIARITIES OF TAPHONOMY OF THE BIOMORPHS IN THE HOLOCENE DEPOSITS IN THE CRYOLITHOZONE

¹O.G. Zanina, ²D.A. Lopatina

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Sciences, RAS, Pushchino*

²*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow*

Аннотация.

Анализ микробиоморф используется в качестве инструмента для реконструкции природных условий, однако все еще остаются нерешённые вопросы. Химическое растворение и физическое разрушение микробиоморф, что наиболее актуально для области распространения многолетнемерзлых отложений. Рассмотрены отдельные аспекты сохранения и особенности формирования спектров микрофоссилий в криолитозоне. Результаты исследований являются вкладом в разработку методических аспектов реконструкции ландшафтов и растительности голоцена в районах распространения многолетнемерзлых отложений.

Ключевые слова: микробиоморфы, фитолиты, палиноморфы, тафномия, криогенные факторы.

Проблемам тафномии микрофоссилий посвящено довольно много исследований. Обычно это публикации, посвящённые отдельным организмам, используемым в качестве инструмента для реконструкции природной среды. Большинство работ посвящено характеру нарушений после переноса и переотложения. Значительная часть исследований направлена на изучение тафномических процессов в районах с умеренным и тропическим климатом, крайне мало работ, посвящённых тафномии в полярных областях (арктических широтах), в т.ч. в зоне распространения многолетнемерзлых пород и постоянного воздействия низких температур. Одной из таких территорий является Северо-Восток Якутии.

Сохранность и устойчивость микробиоморф в почве и отложениях определяется во многом условиями окружающей среды, в том числе на этапе погребения. Криогенез сопровождает переход биогенного материала в фосильное состояние в условиях холодного климата и играет основную роль в регионе на протяжении всего голоцена. Основные микрофоссилии из отложений региона, на которых строятся палеоэкологические реконструкции многообразны. Это минеральные биоморфы - фитолиты, спиккулы губок, раковины амёб, диатомовых водорослей, остракод и фораминифер; и органические - детрит,

пыльца и споры растений, углистые частицы, остатки микроскопических грибов и т.д., но в представленной статье главное внимание уделено двум последним фитолитам и палиноморфам.

Микробиоморфы в процессе фоссилизации на территории распространения многолетнемёрзлых пород подвергаются воздействию не только криогенных факторов. После отмирания и разложения растения как минеральные (фитолиды), так и органические (пыльца) его микроостатки могут быть повреждены процессами водного или ветрового переноса, переотложением. Особенно эти процессы могут навредить тончайшим элементам таким как, например, шипикам и выростам у фитолидов или разрывы, истирание, трещины у палинологических остатков. Переувлажнение сезонно-талого слоя в совокупности с промерзанием-оттаиванием материала приводит к растрескиванию и разрывам микробиоморф.

Анализ фитолидных комплексов поверхностных проб из различных экотопов зоны тундры и северной тайги Северо-Востока Якутии выявил наиболее часто встречающиеся морфотипы в основном характерные для травянистой растительности и хвойных. Это группы: удлинённых, конусовидных, трапециевидных лопатных, ланцетных, округлых, пластинчатых, конических (воронковидных) и блочных форм фитолидов.

При изучении современных почв и отложений Северо-Востока России наряду с фитолидами хорошей сохранности выявлены корродированные и сильно изъязвлённые формы. Выявлено несколько типов разрушения фитолидов: истончение и потеря мелких элементов формы (ножек, шипиков и пр.), корродирование массивного тела формы (появление каверн и сквозных перфораций), чешуйчатое повреждение (образование мелких сколов, плотно прилегающих друг к другу, создающих впечатление чешуи), сколы, появляющиеся в результате растрескивания и расслоение. Следует отметить, что повреждения выявлены также на других кремнистых микрофоссилиях - спикулах губок и панцирях диатомовых водорослей, часто встречаемых в исследованном материале. Можно предположить, что в зоне распространения многолетнемёрзлых пород разрушение (растрескивание, сколы и потеря элементов формы) у кремнистых микрофитофоссилий может быть связано с длительным нахождением их в переувлажнённом сезонно-талом слое при попеременном чередовании циклов промерзания и оттаивания. Корродирование поверхности и сквозные перфорации фитолидов связаны прежде всего с

химическим выветриванием и активностью микроорганизмов в летний период. На данном этапе исследования не удалось выявить достоверную связь уменьшения насыщенности профилей почв фитолитами с разрушением последних. Следует отметить, что не удалось так же выявить устойчивые к разрушению типы форм, кроме удлинённой гладкой, что может быть обусловлено массовым продуцированием и, как следствие, частой встречаемостью этих форм.

Установлено, что преобладающие разрушения палинологических остатков физического типа (разрывы и трещины) связаны с многократными циклами промерзания – оттаивания в верхних горизонтах почвы в весенне-осенний период. При переходе же нижних горизонтов почв в стабильное многолетнемерзлое состояние отрицательные температуры не являются экстремальным фактором, а напротив, способствуют длительной сохранности спор и пыльцы. Палинологические остатки с разрушениями химико-биотического типа присутствуют единично или отсутствуют, что, вероятно, обусловлено подавленной микробиологической активностью и бедностью почвенной фауны.

Установлено, что по количеству повреждений пыльцевых зерен в спектрах почв из районов распространения многолетней мерзлоты доминирует пыльца относительно крупных размеров голосеменных - *Pinus* и *Larix*, по частоте встречаемости *Betula*, которая обычно преобладает в спектрах. Далее по степени устойчивости следует пыльца трав сем. *Poaceae*, также доминирующая в спектрах и сем. *Cyperaceae* и *Ericaceae*. Единично встречается поврежденная пыльца *Salix*, *Alnus*, *Duschekia*, *Asteraceae*, *Onagraceae*, *Ranunculaceae*, *Caryophyllaceae*, *Bryales* и споры *Sphagnum*. Отсутствуют нарушения на пыльце трав *Valeriana*, *Polemonium*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Polygonaceae* и спорах *Lycopodium*, *Diphasiastrum*, *Selaginella* и *Polypodiaceae*. В целом, отмечена удовлетворительная сохранность палинологических остатков в голоценовых отложениях в зоне тундры и предтундровых лиственничных редколесий северо-восточной Якутии. Выявленное низкое содержание среди них экземпляров с разрушениями химико-биотического типа обусловлено спецификой криолитозоны с преобладанием низких температур в течение года и подавленной микробиологической активностью. Заметное содержание палиноморф с повреждениями этого типа зафиксировано в пробах, отобранных на степных участках с открытым субстратом точки отбора пробы и материале из маршей и

ваттов. Следует отметить, что для петрофитных степных участков, повреждения зафиксированы преимущественно на заносной пыльце сосны, не произрастающей на площадках отбора и нельзя исключить ее частичное повреждение при транспортировке. Для отложений и почв маршей и ваттов отмечаются условия повышенного увлажнения, когда эти участки затапливаются морем. Вероятно, что условия для жизнедеятельности бактерий, попадающих при инфильтрации вод в осадок становятся более благоприятные. Истончение экины определено исключительно на единичных зернах сем. березовых из тундровых проб.

Содержание палиноморф с повреждениями физического типа (разрывами и трещинами) в верхних горизонтах почв составляет в среднем 4 - 8%. Увеличение содержания спор и пыльцы с нарушениями подобного типа (11 - 16%) зафиксировано в пробах из маршей. По всей видимости, в условиях повышенного увлажнения происходит пропитывание водой и разбухание пыльцы, затем при промерзании и образовании кристаллов льда при наступлении холодных условий происходит разрыв ее оболочек.

Согласно полученным материалам, общим направлением изменений микробиоморфных спектров в процессе фоссилизации является криогенное разрушение как минеральных, так и органических микробиоморф. Установлено, что преобладающие разрушения микроостатков - физического типа и связаны с сезонными переходами температур через 0°C. При переходе же нижних горизонтов почв в стабильное многолетнемерзлое состояние отрицательные температуры не являются экстремальным фактором, а напротив, способствуют длительной сохранности микробиоморф. Разрушения химико-биотического типа присутствуют в незначительных количествах, что, вероятно, обусловлено краткостью периода положительных температур, низкой микробиологической активностью и низким видовым разнообразием почвенных беспозвоночных.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-05-00559 А

S u m m a r y.

Microbiomorph analysis used as a tool for environmental remediation, however there are still unresolved number of questions. Chemical dissolution and destruction of the microbiomorphs is most relevant for the permafrost zone. Some aspects of the preservation of microfossils and features of the formation of their spectra in permafrost are revealed. The results of the research are a contribution to methods for the reconstruction of landscapes and vegetation of the Holocene in the areas of distribution of permafrost deposits.

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ТАФОЦЕНОЗЫ МАЛАКОФАУНЫ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ: НОВЫЕ ДАННЫЕ

^{1,2}Н.Е. Зарецкая, ^{3,4}В.М. Хайтов

¹*Институт географии РАН, Москва, n_zaretskaya@inbox.ru*

²*Геологический институт РАН, Москва*

³*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург*

⁴*Кандалакшский государственный природный заповедник, Кандалакша*

THE HOLOCENE BIVALVE TAFOCOENOSSES OF KANDALAKSHA INLET, WHITE SEA: NEW DATA

^{1,2}N.E. Zaretskaya, ^{3,4}V.M. Khaitov

¹*Institute of Geography RAS, Moscow*

²*Geological Institute of RAS, Moscow*

³*St.-Petersburg State University, St.-Petersburg*

⁴*Kandalaksha Natural Reserve, Kandalaksha*

Аннотация.

Исследовано 16 местонахождений тафоценозов малакофауны на побережье Кандалакшского залива Белого моря, с целью реконструкции особенностей голоценовых биотопов и дополнения информации о постгляциальном перемещении береговой линии. Установлено, что сочетания малакофауны в изученных тафоценозах могли существовать и в рецентных сообществах, но также могли формироваться и в результате локального сноса. Возраст местонахождений охватывает интервал с 9.4 до 2.0 тыс. кал.л.н. Полученные данные свидетельствуют об активной блоковой тектонике на фоне гляциоизостатического поднятия.

Ключевые слова: Кандалакшский залив, местонахождения погребённой ракушки, тафоценоз, биотоп, хронология, голоцен

История Белого моря с точки зрения геологов-четвертичников насчитывает около 120 тысяч лет [1], а с точки зрения биологов это очень молодой бассейн, возраст которого на порядок меньше [2]. Во время последнего оледенения Белое море было полностью покрыто ледником, и как море не функционировало. Его дегляциация шла «пульсациями» с востока на северо-запад, и Кандалакшский залив освободился ото льда в последнюю очередь [3]. Тем не менее, уже в позднеледниковье - около 13 тыс. кал.л.н. - морские воды проникли и в Кандалакшский залив [4], и эта часть Белого моря стала функционировать как морской бассейн. В осадках того времени обнаруживаются раковины морских двустворчатых моллюсков *Portlandia arctica* и *Mytilus edulis*, которые проникли сюда из Баренцева моря через пролив Горло [5], а особенно интенсивная инвазия двустворчатых моллюсков в Белое море происходила во время атлантической климатической фазы голоцена, начиная с 8 т. л.н. [2].

Для побережья Кандалакшского залива характерны высокие скорости поднятия в позднеледниковье и раннем голоцене, с замедлением в среднем и позднем голоцене [4]. В результате, осадки, формировавшиеся в субаквальных

условиях, к настоящему времени частично подняты на сушу. Поэтому по берегам залива и островов внутри него можно встретить скопления раковин морских двустворчатых моллюсков, залегающих в сером суглинистом или глинистом заполнителе в нехарактерных для них местах. Такие скопления и стали объектом наших исследований.

Работы проводились с 2010 по 2019 год [6]. Изначально целью исследований было выявление «датирующего» потенциала погребенной малакофауны для дополнения материалов по перемещению береговой линии Белого моря в голоцене. Однако за время работы были получены и другие результаты, касающиеся истории формирования раковинных танато- и тафоценозов и реконструкции первичных биотопов.

Исследования включали полевые работы с поиском и раскапыванием местонахождений и отбором образцов, радиоуглеродное датирование и малакофаунистический анализ. Радиоуглеродные даты приводились к календарному возрасту в программе Calib 810 (калибровочные кривые IntCal20 и Marine20 [7]). Удалось собрать представительные данные по трём ключевым участкам: Беломорской биологической станции (ББС) МГУ, району села Ковда и островам Северного архипелага (остров Ряжков и близлежащие более мелкие острова). Также удалось исследовать единичные образцы из района села Колвица и с острова Большой Соловецкий.

Наиболее представительный материал (7 местонахождений) собран на полуострове Киндо и о-ве Оленевском (полигон ББС МГУ): 4 местонахождения расположены на литорали, 3 – на высотах от 3 до 24 м н.у.м. Видовой состав тафоценозов во всех местонахождениях практически одинаков: в разных пропорциях в исследованных образцов преобладают два вида - *Hiatella arctica* и *Tridonta borealis*, которые живут в Белом море и в настоящее время. *Hiatella arctica* встречается на глубинах от 2 до 140 м, на илистых и смешанных грунтах, при температурах от -0.9 до 20.3 °С и солености 16.4-30.1‰, максимум обилия наблюдается на глубине 20 м, а наибольшая плотность поселения – на глубине 8 м в биоценозе *Laminaria digitata* [2]. *Tridonta borealis* встречается на глубинах от 0 до 40 м, на илистых, песчаных и смешанных грунтах при температуре от -1.4 до 14.2 °С и солености 23.0-27.8 ‰, при максимуме обилия на глубине 15 м и наибольшей плотности популяции на глубине 5 м в биоценозе *Laminaria saccharina* [2].

В равных долях раковины *H. arctica* и *T. borealis* встречены нами в двух местонахождениях – на литорали и на высоте 24 м н.у.м. Из местонахождения на высоте 24 м по этим двум видам были получены практически одинаковые радиоуглеродные даты – 8.2-8.0 тыс. кал. л.н., а из местонахождения на литорали – 5.7 тыс. кал. л.н. по раковинам *H. Arctica*, и 6.2 тыс. кал. л.н. – по раковинам *T. borealis* [8]. В остальных образцах доминирует какой-то один вид – по раковинам *H. Arctica* из местонахождения на высоте 14 м была получена дата 8.8 тыс. кал. л.н. [8], на литорали – 6.3 и 7.2 тыс. кал. л.н., по раковинам *T. borealis* из местонахождения на высоте 3 м была получена дата 5.0 тыс. кал. л.н., а на литорали – 4.6 тыс. кал. л.н. Практически во всех исследованных образцах размер раковин обоих видов в несколько раз превышает размер современных раковин.

Следует отметить, что в современных местообитаниях эти два вида вместе встречаются редко, так как принадлежат к разным типам локальных ареалов [2]; исключение составляют заиленные ламинарники, где *H. Arctica* встречается в ризоидах, а *T. borealis* – в иле [6]. В тафоценозах их сочетание даже в равных долях – обычно. Возможно, большинство тафоценозов по своему происхождению – бывшие ламинарники или, что более вероятно, ламинарные «помойки», что подтверждается и большим содержанием рассеянной органики в иле, вмещающем раковины. Также общей чертой для раковинных тафоценозов является то, что все они были найдены у скальных выходов.

В районе села Ковда было изучено три местонахождения – из скважины в озере у станции Ковда (высота 27 м н.у.м.), в разрезе на высоте 21 м н.у.м. у села Ковда, и на литорали также рядом с селом. Образцы из озерного керна и с литорали состояли из раковин *H. Arctica*, и по ним были получены радиоуглеродные даты 8.4 и 8.1 тыс. кал.л.н. соответственно. Образец из разреза у села Ковда состоял из раковин *H. Arctica* и *T. borealis* размером, близким к современному, и по нему была получена дата 8.1 тыс. кал.л.н. Исследованные местонахождения (кроме разреза Ковда) также были найдены около скальных выходов.

Третья группа, состоящая из 5 местонахождений, была изучена на островах Северного архипелага. Все местонахождения – литоральные, три были найдены на острове Ряжков, и по одному – на островах Вороний и Куричѣк.

По результатам малакофаунистического анализа, состав тафоценозов на островах гораздо более разнообразен, чем в описанных выше ключевых участках. Так, в тафоценозах на островах Вороний и Куричѣк преобладают раковины *Astarte (Elliptica) Elliptica*, присутствует *H. Arctica*, а также в тафоценозе острова Куричѣк обнаружены остатки *Mya truncata* и баянусов. По совокупности всех видов это мог быть биотоп сублиторали с илистым грунтом, возможно, с отдельными ламинариями. Возраст местонахождений практически одинаковый – 4.8-4.5 тыс. кал.л.н.

Местонахождения на восточном побережье острова Ряжков, при обилии *T. borealis* показали большое количество *Arctica islandica* и присутствие *Littorina littorea* и *Astarte Elliptica*. Глубина, на которой могут существовать такие биотопы, более 10 м, но выше пояса ламинарий. Возраст местонахождений сильно различается – 7.0 и 5.0 тыс. кал.л.н., несмотря на одинаковую высотную позицию. Интересно, что под более древним местонахождением был обнаружен прослой губок, показавший возраст 8.9 тыс. кал.л.н.

Местонахождение на юго-западном побережье острова Ряжков показало состояло практически полностью из хорошо сохранившихся раковин *Mya truncata*, что говорит о биотопе затишных условий – мелком закутке с глинистым грунтом. Это самое молодое местонахождение – 2.0 тыс. кал.л.н. Также из скважины в болоте у озера святого на глубине 2.0 м (высота 8 м н.у.м. по образцу торфа была получена дата 3.8 тыс. кал.л.н.

Были исследованы и два единичных местонахождения – недалеко от села Колвица (Кандалакшский берег Кольского полуострова) и на острове Большой Соловецкий. В образце с западной литорали острова Большой Соловецкий преобладают два вида - *T. borealis* и *Chlamis islandica*, по которым были получены одинаковые радиоуглеродные даты – 7.5 тыс. кал.л.н. Образец с Кандалакшского берега был отобран из разреза на высоте 41 м н.у.м., и состоит из обломков *Mytilus edulis*. Это самое древнее местонахождение, возрастом 9.4 тыс. кал.л.н.

Подводя итоги, следует отметить, что сочетания малакофауны во всех изученных тафоценозах можно найти в рецентных сообществах, но их локализация в определённых местах (у скальных выходов) и не очень частая встречаемость может свидетельствовать и о том, что формирование тафоценозов могло происходить и в результате сноса раковин отмерших

моллюсков в какой-то затишок. Хорошая сохранность раковин свидетельствует о том, что снос происходил в течение непродолжительного времени с небольшой площади. Существенная разница в возрасте местонахождений на одной абсолютной высоте или, наоборот, одинаковые даты на разных высотах могут свидетельствовать об активной блоковой тектонике в голоцене на фоне общего гляциоизостатического поднятия.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, грант № 22-17-00081.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л.Р., Токарев М.Ю. Четвертичные отложения Белого моря и история развития современного Беломорского бассейна в позднем неоплейстоцене – голоцене // Система Белого моря, т. IV, М.: Научный мир, 2107. С. 84-127
2. Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря; опыт эколого-фаунистического анализа. 2006. С-Пб. 351 с.
3. Demidov, I.N., Houmark-Nielsen, M., Kjaer, K.H., Larsen, E. The last Scandinavian Ice Sheet in Northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // *Boreas*, № 35, 2006. P. 425-433.
4. 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, М.: Научный мир, С. 222-249
5. Невеский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море: седиментогенез и история развития в голоцене. М., Наука, 1977, 236 с.
6. Зарецкая Н.Е., Шевченко Н.В., Хайтов В.М. Голоценовые тафоценозы малакофауны Белого моря: особенности формирования и радиоуглеродная хронология // Материалы третьей Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Динамика современных экосистем в голоцене». Казань. 2013. С. 160-164.
7. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., et al. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP) // *Radiocarbon*, v.62 (4), 2020. P. 725-757.
8. Зарецкая Н.Е., Лудикова А.В., Шварев С.В., Кузнецов Д.Д., Кутенков С.А. Палеосейсмогенные тектонические рвы – уникальные архивы истории Белого моря в голоцене // *Геоморфология*, 2020, № 4, стр. 45-57.

Summary.

16 localities of taphocenoses of malacofauna on the coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea were studied in order to reconstruct the features of the Holocene biotopes and supplement information on the postglacial movement of the coastline. It has been established that combinations of malacofauna in the studied taphocenoses could also exist in recent communities, but could also be formed as a result of local demolition. The age of the localities covers the interval from 9400 to 2000 cal BP. The data obtained indicate active block tectonics against the background of glacioisostatic uplift.

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ТЕРСКО-СУЛАКСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

И.А. Идрисов

Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала, idris_gun@mail.ru

HOLOCENE DEPOSITS OF THE TERSKO-SULAK INTERFLUVE

I.A. Idrisov

Institute of Geology, DFRC RAS, Makhachkala, idris_gun@mail.ru

Аннотация.

Изменения уровня Каспийского моря и связанные с ними процессы в голоцене тесно связаны с изменениями климата. В пределах междуречья находится несколько долин вдоль которых протягиваются представительные разрезы голоцена. Изучение этих разрезов позволяет выделить несколько этапов накопления аллювия, эрозии и формирования почв. Для региона в целом характерна значительная роль аллювиальных отложений, что отличает его от области развития морских террас. Также показана молодость территории, что существенно отличается от данных, представленных на геологической карте. Предварительные данные показывают хронологическую схожесть эрозионно-аккумулятивных процессов и почвообразования к северу и югу от Восточного Кавказа.

Ключевые слова: Кавказ, Каспийское море, голоцен, аллювий

Терско-Сулакское междуречье находится на крайнем юге Прикаспийской низменности. Протягивается с запада на восток на 100км, с севера на юг на 40км. С севера и юга ограничена дельтовыми долинами рек Терек и Сулак [15]. Дренаруется реками Акташ, Ярыксу, Ямансу, Аксай, которые сливались в обширные разливы, а в XX веке низовья были канализированы и выведены в море.

Эти реки стекают с юго-запада с отрогов хребта Салатау высотой более 2,0км. По пути пересекают породы мела, палеогена и неогена. При выходе из предгорий пересекают Хасавюртовскую наклонную равнину, сложенную галечниками раннего плейстоцена перекрытую лессовыми породами мощностью до 40м. Аналогичные равнины (Кусарская, Чеченская, Осетинская, Кабардинская, Кубанская) широко развиты вдоль северного склона Кавказа. Далее на север плейстоценовые породы повсеместно перекрыты голоценом. Нами исследовано различные разрезы (рис. 1) вдоль долин этих рек в пределах Терско-Сулакского междуречья.

Долины рек характеризуются вертикальными бортами и плоской поймой шириной первые сотни метров. Максимальная глубина вреза долин (50-100м) характерна для области прорезывания плейстоценовых галечников и лессовых пород. Далее на север глубина вреза сокращается до 5-10м.

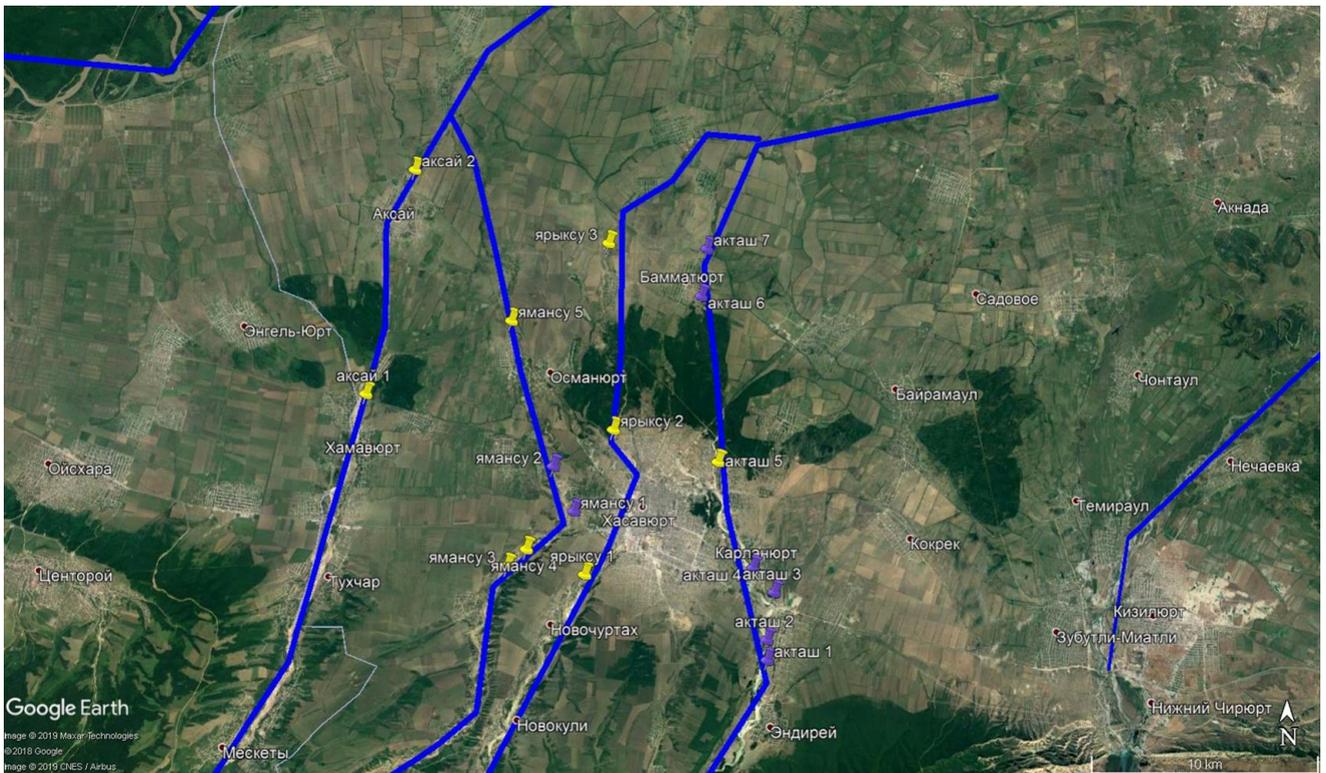


Рис. 1. Исследованные разрезы Терско-Сулакское междуречье.



Рис. 2. Разрез правый борт р.Акташ. Створ Акташ 3.

В исследованных разрезах отмечается чередование различных фаций аллювия, с несколькими хорошо сформированными погребенными почвами (рис.2). Для некоторых почв получены радиоуглеродные датировки гумуса, все даты охватывают голоцен. Во многих разрезах выделяется несколько погребенных почв. Их датировки относятся уже к позднему голоцену. Схожие данные получены и для долины реки шура-озень к юго-востоку от района работ [5]. Соответственно установлены различия и возрасте формирования почвенного покрова разных частей междуречья [2]. Для региона имеются различные геологические карты. Фрагмент одной из них приведен ниже (рис. 3).

Для большей части междуречья показано распространение отложений позднего плейстоцена. Уточнено, что они связаны с хвалынским ярусом (рис. 3) для морских Q_{III}^{lv} и синхронных ему аллювиальных пород Q_{III} . При этом вероятно такое определение для аллювиальных толщ было проведено на основе их абсолютной высоты лежащей в целом в диапазоне от +60 до -10м. Для сопредельных территорий к юго-востоку от долины р.Сулак ранее были выделены разнообразные позднеплейстоценовые морские террасы хвалынского яруса в диапазоне от +50 до - 20м [4]. Также для них было установлена сложная история их последующего развития с формированием в том числе болот в пределах изометричных западин – аналог степных блюдец севера Прикаспийской низменности [3].

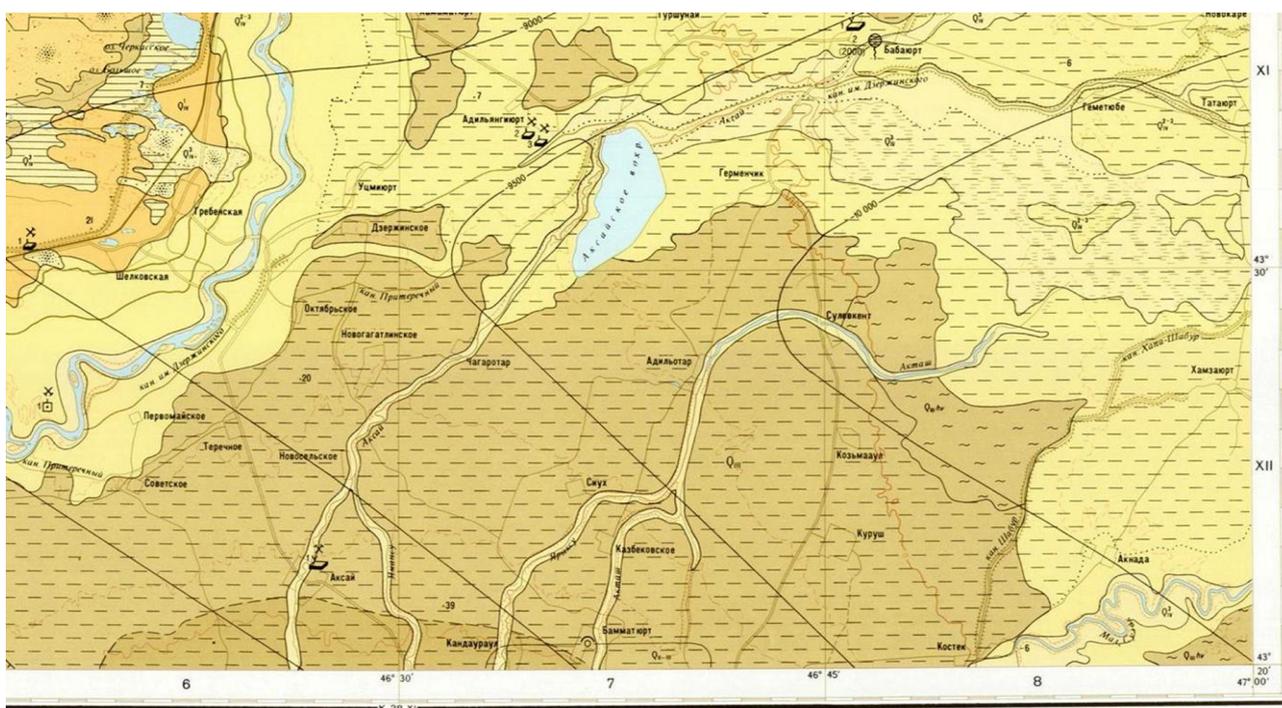


Рис. 3. Фрагмент геологической карты района работ.

Наши данные свидетельствуют о значительной молодости поверхности Терско-Сулакского междуречья. Это обусловлено резким доминированием среди отложений региона разнообразных аллювиальных толщ. При этом собственно морские отложения позднего плейстоцена локально вскрываются лишь на дне узких долин региона. Синхронный им аллювий представлен галечниковыми конусами в зоне перехода к предгорьям. Для большей части низменности отложения того времени вероятно эродированы в период Мангышлакской регрессии раннего голоцена.

Значительная скорость накопления аллювия ранее отмечалась на южном склоне Кавказа в пределах геоморфологически схожей наклонной Алазанской долины [6]. При этом для территории на северном макросклоне Кавказа, в частности, в районе исследований скорость накопления аллювия может быть еще большей, что связано с широким распространением лессовых пород на прилегающих территориях. Размыв лессовых алевритов в пределах Хасавюртовской наклонной равнины к югу от района работ и их отложение к северо-востоку, ниже по течению исследованных малых рек, являлся основным механизмом накопления мощных толщ аллювия, практически сплошным чехлом покрывающих Терско-Сулакское междуречье.

Важным выводом из анализа разрезов и полученных датировок является установление неоднородности развития эрозионно-аккумулятивных процессов на юге Прикаспийской низменности. Предварительные данные показывают их значительную корреляцию с процессами на южном склоне Кавказа. Вероятно, во всем секторе Восточного Кавказа и прилегающих равнинах для большей части голоцена динамика развития природных условий была общей.

Полевые работы выполнены в рамках темы НИР АААА-А-17-117021310199-9, лабораторные исследования в рамках гранта РФФИ №19-29-05205-мк.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития. М.: ГЕОС, 2007. 405 с.
2. Идрисов И.А., Гусейнова А.Ш. Формирование и возраст почвенного покрова Терско-Сулакской низменности // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. №4. С.91-96.
3. Идрисов И.А., Борисов А.В., Магомедов Б.А. Болота юга Прикаспийской низменности // Геология и ресурсы Кавказа. Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. №2 (73). 2018. С.13-19.
4. Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря Труды геологического института. 1957. Выпуск 10. 299 с.

5. Гусаров А.В. Строение долины реки Шура-озень на участке эолово-аккумулятивного комплекса «Сарыкум» (Республика Дагестан) // Геоморфология. 2018. № 3. С. 52-72.
6. Hans von Suchodoletz, Christoph Zielhofer, Silvan Hoth, Josefine Umlauf, Birgit Schneider, Christian Zeeden, Lasha Sukhishvili, Dominik Faust/ North Atlantic influence on Holocene flooding in the southern Greater Caucasus // The Holocene (2017) doi: 10.1177/0959683617735584

S u m m a r y.

Changes in the level of the Caspian Sea and related processes in the Holocene are closely related to climate change. Within the interfluvium there are several valleys along which representative sections of the Holocene extend. The study of these sections makes it possible to identify several stages of alluvium accumulation, erosion, and soil formation. The region as a whole is characterized by a significant role of alluvial deposits, which distinguishes it from the area of development of marine terraces. The youth of the territory is also shown, which differs significantly from the data presented on the geological map. Preliminary data show the chronological similarity of erosion-accumulation processes and soil formation to the north and south of the Eastern Caucasus.

ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ СИСТЕМ НА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЕ В ПРОШЛОМ И НАСТОЯЩЕМ

¹Л.И. Инишева, Е.В. Порохина

Томский государственный педагогический университет, г. Томск,¹ inisheva@mail.ru

DYNAMICS OF SWAMP SYSTEMS ON THE WEST SIBERIAN PLAIN IN THE PAST AND PRESENT

L.I. Inisheva, E.V. Porokhina

Tomsk State Pedagogical University, Tomsk

Аннотация.

В работе рассмотрено развитие процесса болотообразования на Западно-Сибирской равнине; прирост торфа за весь период голоцена по результатам абсолютных датировок нижних и верхних границ слоев торфяных отложений соответствующей мощности; дан прогноз естественной эволюции болот. Для определения современной скорости аккумуляции торфа были использованы полевые исследования параметров баланса углерода на примере катены с олиготрофными болотами. Получено, что в настоящее время процесс болотообразования в целом замедлился, однако проявление зональности в трансгрессии болот на окружающие их леса сохранилось.

Ключевые слова: болотные экосистемы, голоцен, скорость депонирования углерода, парниковые газы, эмиссия, заболачивание, торфонакопление.

Ведение. Увеличение почвенного пула углерода, несомненно, связано с развитием болот и накоплением в них торфа[1]. Была поставлена задача анализа скорости процесса заболачивания в голоцене в разные временные интервалы и в современный период на примере центральной части Западной Сибири.

Объекты и методы исследования. На основе пространственно-временной корреляции стратиграфических, палинологических и радиометрических данных

на протяжении голоцена было реконструировано развитие болотных систем в центральной части Западной Сибири. Для определения современной скорости аккумуляции торфа некоторых типов болот был изучен баланс углерода в экосистеме, основанный на определении первичной продуктивности болотных растений (NPP), измерениях потоков газов — CO_2 и CH_4 (эмиссия с поверхности почв) и выноса углерода болотными водами. Надземную продукцию определяли укосным методом, подземную — методом монолитов. Чистая первичная продукция рассчитывалась как сумма надземной и подземной продукции [2]. Эмиссию CO_2 и CH_4 измеряли камерным методом. Газовый состав анализировали на хроматографе «Кристалл-5000.1», подробно методика приведена в [3].

Обсуждение. Исследованиями установлено, что начало и развитие болотообразования на Западно-Сибирской равнине относятся только к голоцену [4]. Начало торфообразования совпало со сменой лесотундры елово-лиственничными лесами, соответствующими современному северо-таежному ландшафту. С этого времени процессы заболачивания и отложения торфа на территории Западно-Сибирской равнины не прекращались. В этот период голоцена (продолжительность около 3000 лет) на территории господствовал климат северной тайги. За этим периодом начался второй, когда в составе лесов преобладала береза, что соответствовало ландшафту современной подзоны лиственных лесов. То есть происходило постепенное потепление от раннего голоцена к среднему. Массовое развитие болот относится к началу атлантического периода, характеризующегося самыми оптимальными климатическими условиями для процесса торфообразования. В это время на большинстве болот Западной Сибири определилась сфагновая стадия развития и началось слияние первоначальных центров заболачивания в обширные болотные экосистемы. В два последних периода, длившихся около 5000 лет, была характерна растительность подзоны средней тайги, т.е. отмечалось некоторое похолодание.

Рассмотрим прирост торфа за весь период голоцена по результатам абсолютных датировок нижних и верхних слоев торфяных отложений и по результатам палинологического анализа. Для этой цели было выбрано более 65 опорных торфяных разрезов из различных природных зон Западной Сибири с привлечением исследований других авторов [5]. Максимальная величина

линейной скорости торфонакопления по голоцену установлена для болотных систем подтайги (1,1 мм/год), вследствие значительной биологической продуктивности (рис.1). В южной тайге интенсивное торфонакопление обусловлено благоприятными климатическими показателями и относительно высокой биологической продуктивностью биогеоценозов. В южной тайге исключения составляют низкие показатели линейной скорости торфонакопления (0,3–0,36 мм/год) в погребенных голоценовых торфяниках в долинах рек. В средней тайге скорость линейного прироста торфа составляет 0,57 мм/год, в северной – 0,37 мм/год, в лесотундре – 0,35 мм/год, в тундре – 0,31 мм/год.

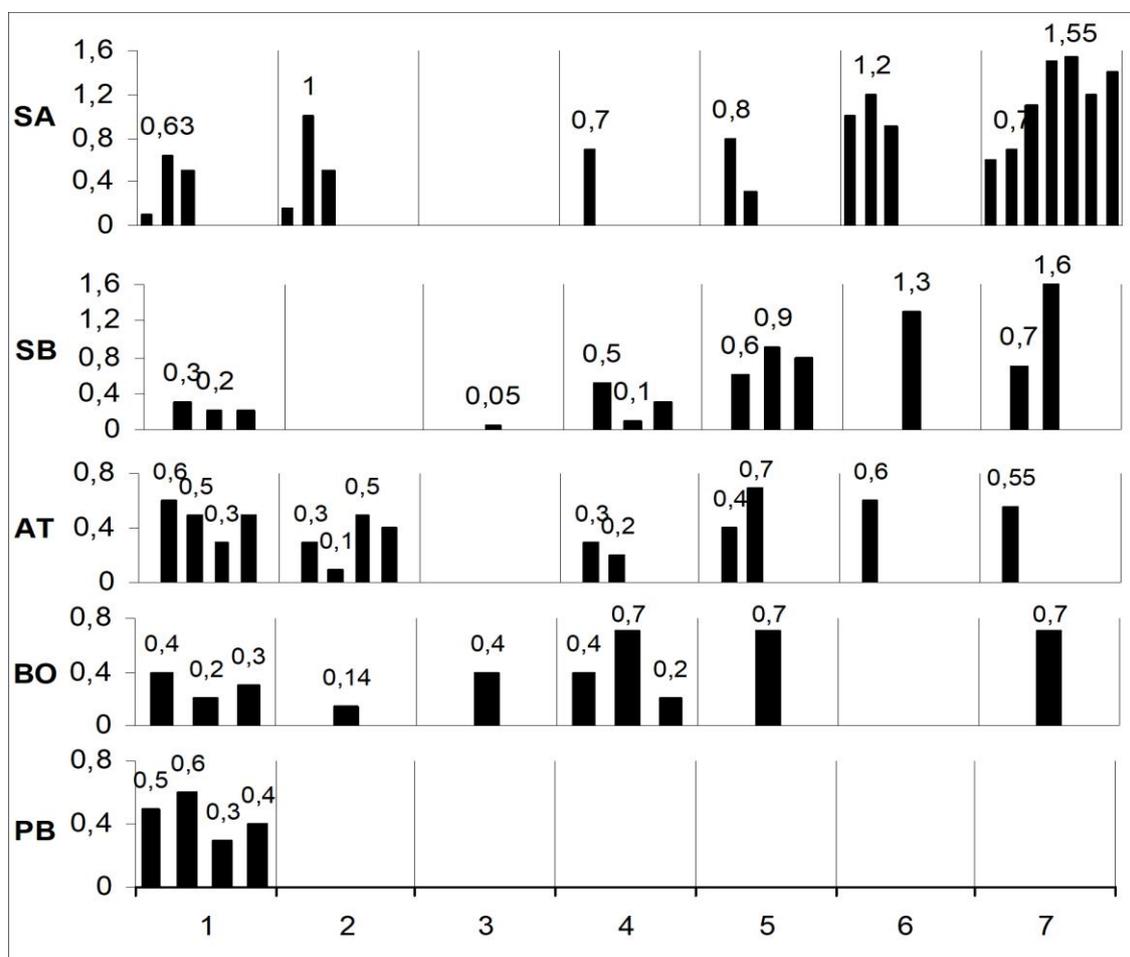


Рис. 1. Динамика вертикальной скорости торфонакопления по подзонам и зонам, мм*год⁻¹ (1 – тундра, 2 – лесотундра, 3 – северная тайга, 4 – средняя тайга, 5 – южная тайга, 6 – подтайга, 7 – лесостепь. Периоды голоцена: SA - субатлантический, SB - суббореальный, AT - атлантический, BO – бореальный, PB – предбореальный).

В лесостепной зоне процесс торфонакопления также замедлен – 0,73 мм/год и более интенсивно протекает только в рямах – 1,64 мм/год.

Рассмотрим результаты определения современной скорости аккумуляции углерода на примере сосново-кустарничково-сфагновых БГЦ в разные по

метеорологическим условиям года. В исследуемых верховых болотах NPP изменяется в пределах от 206 до 337 г С м⁻²год⁻¹ (табл. 1.). Экстремальные значения NPP принадлежат году с ГТК 0,8 (сухой год). По средним значениям наибольшим NPP характеризуется средний по тепло- влагообеспеченности год (ГТК 1,3) Средние значения интенсивности выделения CO₂ и CH₄ за три года исследования составили– 69, 72, 47,7 г С м⁻²год⁻¹. Экстремально большое выделение отмечается в год с оптимальными условиями тепло- влагообеспеченности (ГТК 1,3) – 111 г С м⁻²год⁻¹. По средним значениям эмиссии прослеживается такая же закономерность. Большая часть потерь углерода обусловлена эмиссией диоксида углерода (в среднем 61,3 г С м⁻²год⁻¹, или 23,5 % NPP). Доля метана значительно меньше (1,6 г С м⁻²год⁻¹ или 0,6% NPP). В сумме доля выноса равна 24,1% NPP.

Таблица 1. Элементы углеродного баланса углерода в сосново-кустарничково-сфагновых БГЦ, г С м⁻²год⁻¹

Гидротермический коэффициент лет исследования	Приход	Эмиссия CO ₂ и CH ₄	Баланс
0,8	<u>206-337</u> 264,6 ± 38,43	<u>61-80</u> 69,0 ± 6,96	<u>140-276</u> 195,6 ± 50,40
1,3	<u>277-301</u> 290,3 ± 7,06	<u>45-111</u> 72,0 ± 24,46	<u>166-248</u> 218,3 ± 32,14
1,8	<u>214-245</u> 227,0 ± 11,37	<u>31-79</u> 47,7 ± 19,20	<u>166-189</u> 179,3 ± 8,44
Среднее	260,6 ± 15,69	62,9 ± 8,94	197,7 ± 16,24

Примечание: Числитель – экстремальные значения, знаменатель – среднее значение; ± – ошибка среднего.

В результате проведения исследований и расчетов вынос общего углерода с водосборной площади составил 7,9 г С м⁻²год⁻¹. Таким образом, потери углерода с болотными водами составили 3,0% NPP.

Заключение. Максимальные значения вертикального прироста торфяных отложений (от 0,53 мм/год до 0,83 мм/год, в среднем 0,77 мм/год) установлены для бореального периода голоцена, что подтверждает мнение Н.А. Хотинского [6] относительно термического бореального максимума в голоцене, характерного именно для Западной Сибири. В атлантическом периоде наблюдается некоторое уменьшение прироста торфа: более заметное в северной тайге и менее выраженное в средней тайге. Минимальный прирост торфяных отложений (0,27–0,34 мм/год) отмечен для суббореального периода, когда климат был относительно сухим и холодным. В субатлантическом периоде средняя скорость торфонакопления снова возрастает (до 0,53 мм/год), но не достигает величины, установленной для бореального периода.

Исследования по балансу углерода сосново-кустарничково-сфагновых БГЦ показали, что в разные по климатическим условиям годы NPP изменяется в пределах от 206 до 337 г См⁻²год⁻¹. Отмечается увеличение депонирования и интенсивности выделения углерода в оптимальные по влаго-теплообеспеченности вегетационные периоды. Большая часть потерь углерода обусловлена эмиссией диоксида углерода (в среднем 61,3 г См⁻²год⁻¹, или 23,5 % NPP).

В целом можно констатировать, что на территории таежной зоны Западной Сибири на современный период преобладает аккумуляция углерода в торфяной залежи и соответственно торфообразование в современный период прогрессирует, и активность его протекания достаточно высокая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заболоченность территории России как фактор связывания атмосферного углерода // Глобальные изменения природной среды и климата. – М.: Изд-во РАН, 1999. С. 124-145.
2. Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытков В.А. Биологическая продуктивность травянистых экосистем. Новосибирск: Наука, 1988. 134 с.
3. Инишева Л.И. Закономерности функционирования болотных экосистем в условиях воздействия природных и антропогенных факторов. – Томск: Издательство ТГПУ, 2020. 482 с.
4. Neustadt M.I. Holocene peatland development // Late Quaternary Environments of the Soviet Union. – Minneapolis: Univ. of Minnesota Press, 1984. P. 201-206.
5. Инишева, Л.И., Березина, Н.А. Возникновение и развитие процесса заболачивания на Западно-Сибирской равнине // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2013. – № 366. С. 172–179.
6. Khotinskii, N.A., 1982. Holocene chronosections: debatable problems of the Holocene paleogeography // Development of the nature of the territory of the USSR in the Late Pleistocene and Holocene. М: Nauka. P. 142-148.

S u m m a r y.

The paper considers the development of the process of bog formation on the West Siberian plain; peat growth over the entire Holocene period based on the results of absolute dating of the lower and upper boundaries of the layers of peat deposits of appropriate thickness; a forecast of the natural evolution of bogs is given. To determine the current rate of peat accumulation, field studies of carbon balance parameters were used on the example of a catena with oligotrophic bogs. It is found that at present the process of swamp formation has slowed down as a whole, but the manifestation of zonality in the transgression of swamps to the surrounding forests has been preserved.

МИКРОВОДОРОСЛИ В КОЛОНКЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ АМК-6150 И ИХ РОЛЬ В РЕКОНСТРУКЦИИ ГОЛОЦЕНОВОЙ ИСТОРИИ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ

¹Т.С. Ключевиткина, ²Е.А. Новичкова, ²Л.А. Киреенко, ²М.П. Чеховская,
²М.Д. Кравчишина

¹*Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, t.klyuvitkina@mail.ru*

²*Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, г. Москва, enovichkova@mail.ru*

MICROALGAE IN THE SEDIMENT CORE AMK-6150 AND THEIR APPLICATION FOR RECONSTRUCTION OF THE NORTH ATLANTIC HOLOCENE HISTORY

¹T.S. Klyuvitkina, ²E.A. Novichkova, ²L.A. Kireenko, ²M.P. Chehovskaya,
²M.D. Kravchishina

¹*Lomonosov Moscow State University, Geographical Faculty, Moscow*

²*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow*

Аннотация.

С целью реконструкции кратковременных климатических событий последних тысячелетий выполнен микропалеонтологический анализ осадков колонки АМК-6150, полученной в северо-восточной части Норвежско-Гренландского бассейна с глубины моря 3013 м. В сообщении представлены первые результаты анализа цист динофлагеллят. Состав ассоциаций указывает на неоднократные смены морских природных условий во время накопления осадков данной колонки.

Ключевые слова: Северная Атлантика, палеореконструкции, голоцен, цисты динофлагеллят.

Северная Атлантика играет ключевую роль в формировании климата всего Северного полушария. Для понимания современных процессов, происходящих в океане, необходим детальный анализ изменений морских природных условий в прошлом. Особенно важно изучение кратковременных климатических событий последних тысячелетий. Одним из самых точных способов восстановить характер изменений морской среды и климата считаются микропалеонтологические методы, среди которых важную роль играет анализ микроводорослей и, в их числе, органостенных цист динофлагеллят. С их помощью можно реконструировать температуру и соленость морских поверхностных вод, их продуктивность, распространение водных масс и ледовые условия.

В сообщении представлены первые результаты высокоразрешающего микропалеонтологического анализа осадков колонки АМК-6150 (74°46.813' с.ш., 08°26.052' в.д.), полученной в северо-восточной части Норвежско-Гренландского бассейна в 75-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» (2019 г.) с помощью мультикорера Mini Muc К/МТ 410. Колонка отобрана в

районе восточного склона южной части хр. Книповича, расположенного к юго-западу от Шпицбергена, с глубины 3013 м. Длина колонки составляет 31 см.

Место отбора колонки находится на границе между Северной Атлантикой и Арктическим бассейном и, следовательно, в зоне особенно контрастных проявлений колебаний климата. Здесь проходит Западно-Шпицбергенское течение – главная ветвь Северо-Атлантического течения, огибающая Шпицберген с севера.

Осадки колонки АМК-6150 представлены в основном алевритистыми илами темно-коричневых оттенков. По предварительным данным о составе планктонных и бентосных фораминифер, возраст отложений не превышает 17 тыс. лет. В интервале 31–23 см наблюдаются повышенное содержание бентосного вида *Oridorsalis umbonatus*, а также уменьшение соотношения агглютинированных фораминифер к известковым, связанное с переходом от ледниковых условий к межледниковью [1]. Увеличение общей численности фораминифер в интервале 23–0 см, смена доминантов и появление малочисленных видов происходит, вероятно, при переходе к голоценовым условиям осадконакопления.

Образцы для целей анализа микроводорослей отбирались с интервалом 1 см. Химическая обработка проб осуществлялась по общепринятой палинологической методике [2, 3]. Для определения концентраций палиноморф на начальной стадии в высушенный и взвешенный осадок добавлялись таблетки, содержащие фиксированное количество спор *Lycoperidium clavatum*. Для растворения карбонатов и кремнесодержащих частиц использовались соляная (HCl) и фтористоводородная (HF) кислоты. Для удаления из образцов пелитовых частиц препараты фильтровались через сито с диаметром пор 7–10 мкм. Исследования ассоциаций микроводорослей проводились под световым микроскопом с увеличением $\times 400$ и $\times 1000$. В каждом образце было идентифицировано как минимум 300 цист динофлагеллят.

Осадки колонки характеризуются абсолютным преобладанием цист динофлагеллят в составе микроводорослей. Концентрации диноцист варьируют от 13 до 185 тыс./г сухого осадка, их содержание максимально в нижней части колонки, сложенной наиболее тонким пелитовым материалом, а вверх по разрезу в целом снижается. Также в некоторых пробах отмечены

пресноводные зеленые водоросли *Pediastrum* и *Botryococcus*, количество которых не превышает 500 экз./г. Кроме микроводорослей, единично и, в основном, в верхней части разреза, обнаружены органические остатки скелетов фораминифер.

Цисты динофлагеллят представлены 20 видами и видовыми группами. Преобладают виды, характерные для послеледниковых и голоценовых осадков Западной Арктики и Северной Атлантики [4, 5 и др.]. Более 75% в составе ассоциаций во всех пробах занимает вид *Operculodinium centrocarpum*, типичный для северо-восточной части Атлантического океана и Норвежского моря [6, 7]. Тем не менее, состав ассоциаций диноцист значительно варьирует по разрезу, указывая на заметные перестройки условий среды, происходившие в период накопления осадков.

В нижней части колонки, на глубинах 31–24 см в составе диноцист на фоне общего доминирования *O.centrocarpum* повышено содержание холодноводных *Impagidinium pallidum* (до 4%) и *Spiniferites elongatus* (до 1.1%). Пик содержания этих видов отмечается на глубине 25–26 см. В современных осадках *I.pallidum* и *S.elongatus* широко распространены в высоких широтах. *I.pallidum* достигает 40% в ассоциациях диноцист Гренландского моря [6], также обилен в зоне полярного фронта [7]. *S.elongatus* прекрасно адаптирован к ледовым, арктическим условиям, встречается во фьордах Шпицбергена [8] и повсеместно в Баренцевом море [7].

Существенная смена условий осадконакопления происходит на глубине 24 см. Она выражается в резком, практически до нуля, снижении содержания *I.pallidum* и *S.elongatus*, при этом в составе ассоциаций возрастает роль *Spiniferites ramosus*, *Impagidinium sphaericum* и группы видов *Spiniferites mirabilis/hyperacanthus*, которые можно считать относительно тепловодными для Северной Атлантики. *S.mirabilis/hyperacanthus* широко распространены в умеренных и экваториальных районах. *S.ramosus* может присутствовать в морских осадках от субполярных до экваториальных регионов, при этом его распределение ограничено зонами полярных фронтов. Можно предположить, что такой комплекс диноцист формировался в условиях относительного повышения температуры и солености поверхностных вод, возможно, при некотором усилении влияния Северо-Атлантического течения.

Выше по разрезу, в коротком интервале осадков 14–12 см, увеличивается

число холодноводных видов. Содержание *I.pallidum* возрастает до 8.8%, при этом *S.ramosus*, *I.sphaericum* и *S.mirabilis/hyperacanthus* практически исчезают. Выше находится интервал, в котором происходят резкие, скачкообразные изменения концентраций индикаторных видов, указывающие, предположительно, на короткие и быстрые смены условий осадконакопления.

В верхней части колонки снова можно наблюдать смену комплексов цист динофлагеллят: в коротком интервале глубин 1–3 см заметно снижаются их концентрации, а в составе ассоциаций появляются, хоть и в небольших количествах (до 1% либо единично), арктические виды *Islandinium minutum* и *Brigantedinium* sp., не встречающиеся в других частях керна. Вид *I.minutum* – самый распространенный в осадках шельфовых морей Арктики, его содержание часто достигает 97%. В районах, где температура поверхностных вод зимой опускается ниже 0°C, а летом ниже 5°C, *I.minutum* отмечается в количествах свыше 10% [7]. *I.minutum* и *Brigantedinium* sp. широко распространены в осадках вдоль восточного побережья Гренландии, а также во фьордах Шпицбергена [7, 8]. Интересно, что с удалением к западу от берегов архипелага и с увеличением глубины, по мере того, как условия поверхности моря меняются от арктических (холодных, с сезонным морским льдом) к атлантическим (относительно теплым и соленым), ассоциации с доминированием *I.minutum* в поверхностных осадках сменяется ассоциациями с преобладанием *O.centrocarpum* [9]. Также необходимо отметить, что в пробе из дночерпателя, полученной на станции АМК-6150, вид *I.minutum* не обнаружен. Кроме того, в данном интервале осадков колонки АМК-6150 снова возрастает количество *I.pallidum* (до 6.1%) и *S.elongatus* (до 1.8%), однако содержание *S.ramosus* и *S.mirabilis/hyperacanthus* при этом существенно не меняется. Таким образом, комплекс диноцист в интервале 1–3 см может указывать на возможное похолодание в период формирования осадков, связанное, по-видимому, с влиянием арктических вод в месте взятия колонки.

Первые реконструкции средней летней температуры поверхностных вод и продолжительности ледового покрова, выполненные по материалам анализа диноцист в колонке АМК-6150 с помощью метода современных аналогов (Modern Analogue Technic (MAT) [10, 11]), показывают, что эпизоды похолодания и предполагаемого появления сезонного льда были возможны во время накопления осадков в интервалах 25–31 см, 12–14 см и 1–3 см.

Дальнейшее радиоуглеродное датирование осадков позволит уточнить эти данные и выделить основные палеогеографические события.

Работа выполнена по гранту РФФИ №21-17-00235 при дополнительной поддержке по теме Госзадания Минобрнауки №FMWE-2021-0006 (отбор проб осадков в экспедициях ИО РАН). Авторы благодарны экипажу НИС «Академик Мстислав Келдыш» и всем участникам экспедиции, а также Е.А.Агафоновой за помощь в лабораторной обработке проб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Struck U. Paleoeecology of benthic foraminifera in the Norwegian-Greenland sea during the past 500 ka // *Contrib. to the Micropaleontology and Paleoceanography of the North Atlantic*. Grzybozowski Fozindatioliz Spec. Pliobl. 1997. № 5. P. 51–83.
2. de Vernal A., Henry M., Bilodeau G. Micropaleontological preparation techniques and analyses. Notes prepared for students of course SCT 8245. Montréal, 2010. 32 p.
3. Ключевиткина Т.С., Новичкова Е.А. О методике подготовки образцов для анализа водных палиноморф // *Океанология*. 2022. Т. 62. № 2. С. 315–323.
4. Brice C., de Vernal A., Ivanova E. et al. Palynological evidence of sea-surface conditions in the Barents Sea off northeast Svalbard during the postglacial period // *Quat. Res.* 2020.
5. Ivanova E.V., Novichkova E.A., Kozhanova D.A. Foraminiferal and dinocyst associations as indicators of the Holocene environmental changes at the Cambridge Strait, Franz Josef Land // *IOP Conf. Ser.: Earth and Environ. Sci.* 2020. Vol. 438. 012011.
6. Rochon A., de Vernal A., Turon J.-L. et al. Recent dinoflagellate cysts of the North Atlantic Ocean and adjacent seas in relation to sea-surface parameters // *AASP Contribution Series*. 1999. Vol. 35. P. 1–146.
7. Zonneveld K.A.F., Marret F., Versteegh G.J.M. et al. Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points // *Rev. of Palaeobot. and Pal.* 2013. V. 191. P. 1–197.
8. Grøsfjeld K., Harland R., Howe J. Dinoflagellate cyst assemblages inshore and offshore Svalbard reflecting their modern hydrography and climate // *Norw. J. of Geol.* 2009. Vol. 89. P. 121–134.
9. Solignac S., Grøsfjeld K., Giraudeau J., de Vernal A. Distribution of modern dinocyst assemblages in the western Barents Sea // *Norwegian J. of Geol.* 2009. Vol. 89. P. 109–119.
10. Guiot J. Methodology of the last climatic cycle reconstruction in France from pollen data // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1990. Vol. 80. P. 49–69.
11. Hohmann S., Kucera M., de Vernal A. Identifying the signature of sea-surface properties in dinocyst assemblages: Implications for quantitative palaeoceanographical reconstructions by transfer functions and analogue techniques // *Mar. Micropaleontol.* 2020. Vol. 159. 101816.

S u m m a r y.

In order to reconstruct short-term climatic events of last millennia, a dinoflagellate cysts analysis of the core AMK-6150 obtained in the northeastern part of the Norwegian-Greenland basin from a sea depth of 3013 m was performed. The first results are presented here. Dinocyst species composition indicates repeated changes in marine environments during the sedimentation.

ЭКОЛОГИЯ БЕЛОСПИННОГО АЛЬБАТРОСА (*PHOEBASTRIA ALBATRUS*) АЛЕУТСКИХ О-ВОВ В ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА КОЛЛАГЕНА КОСТЕЙ)

О.А. Крылович, С.В. Самсонов, Е.А. Кузьмичева, К.А. Савина,
А.Б. Савинецкий

ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова, okrylovich@gmail.com

SHORT-TAILED ALBATROSS (*PHOEBASTRIA ALBATRUS*) ECOLOGY IN ALEUTIAN ISLANDS IN HOLOCENE ACCORDING TO BONE COLLAGEN STABLE ISOTOPES ANALYSIS

O.A. Krylovich, S.V. Samsonov, E.A. Kuzmicheva, K.A. Savina, A.B. Savinetsky
A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia

Аннотация.

Белоспинный альбатрос (*Phoebastria albatrus*) редкий в наши дни вид птиц, чья численность в голоцене значительно снизилась из-за промысловой деятельности человека. Костные остатки альбатросов из археологических памятников Чукотки, Камчатки и Алеутских о-вов, и из береговых отложений Командорских о-вов были использованы для анализа содержания стабильных изотопов углерода и азота в коллагене костей. Результаты анализа 89 образцов показали, что альбатросы, питавшиеся вдоль Алеутской островной дуги отличаются от птиц из районов Командорских о-вов, Камчатки и Чукотки. Найденные особенности, видимо, связаны с отличиями океанических течений и пищевых сетей в изученных районах.

Ключевые слова: белоспинный альбатрос, Phoebastria albatrus, Алеутские о-ва, стабильные изотопы, $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$

История белоспинного альбатроса (*Phoebastria albatrus*) — яркий пример длительной истории влияния человека на биологический вид. Белоспинные альбатросы были многочисленны в северной пачифике как минимум на протяжении последних нескольких тысяч лет. Несмотря на ограниченный гнездовой ареал (всего несколько островов в Восточно-Китайском море) белоспинные альбатросы использовали для питания океаническую и шельфовую зоны всей северной части Тихого Океана до Берингова пролива на севере. Это известно благодаря многочисленным находкам костей этого вида в прибрежных археологических памятниках Японии, о. Сахалин, Курильских и Алеутских о-вов, Чукотки, о. Св. Лаврентия, тихоокеанского побережья Северной Америки до Калифорнии [1, 2, 3]. В настоящее время белоспинный альбатрос — крайне редкий вид мировой авифауны. Основной причиной сокращения численности считается промысел на немногочисленных гнездовых колониях в XIX веке. В 1886 году в Японии была организована фирма, занимающаяся сбором перьев и пуха альбатросов. В течение 15 лет, до 1902 года на островах, где гнездились эти птицы, было добыто до 5 миллионов экземпляров [4]. К началу 1940-х гг., после нескольких извержений

вулканов в местах гнездования, этот вид считался вымершим [5]. В последнее время численность белоспинных альбатросов постепенно растет и исчисляется несколькими сотнями особей [6, 7].

Из-за невысокой численности и охранного статуса многие вопросы экологии этого вида остаются малоизученными. Например, на сколько постоянно в течение жизни птицы использовали определённые области для добычи пищи. Один из способов это узнать – метод анализа содержания стабильных изотопов в костных остатках. Особенности содержания тяжёлого изотопа углерода (^{13}C) являются косвенной характеристикой района питания животного [8, 9]. Содержание тяжёлого изотопа азота (^{15}N) является показателем трофического положения животного, и в случае морских экосистем – косвенной характеристикой региона питания [10, 11].

В данной работе использованы кости белоспинных альбатросов из археологических памятников Алеутских о-вов (восточная часть – о-ва Уналашка, Карлайл и Чугинадак, центральная часть – о. Адак, западная часть – о-ва Булдырь и Шемья), Камчатки (Жупаново) и Чукотки (Дежнево), и береговых отложений о. Беринга (Командорские о-ва). Материал из разных географических точек и разного времени (от 6500 л.н. до конца 19 в.) позволяет определить использование мест питания альбатросов во времени и пространстве.

Для анализа использовался коллаген костей, который содержит изотопный сигнал диеты животного за несколько последних лет жизни. Результаты анализа 89 образцов из разных мест (таб. 1) показали, что: 1) нет значительной динамики в значениях $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ во времени; 2) нет значительных различий в значениях $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ коллагена костей альбатросов вдоль Алеутских о-вов; 3) значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ костей альбатросов Командорских о-вов, Камчатки и Чукотки немного отличаются от таковых Алеутских о-вов. Сравнение с ранее полученными результатами по другим регионам [2] показало, что наибольшее сходство наблюдается между альбатросами Алеутских о-вов и Британской Колумбии (рис. 1). Наибольшие различия обнаружены между костными остатками из археологических памятников Алеутских о-вов и Японии.

Результаты анализа содержания стабильных изотопов ^{13}C и ^{15}N в коллагене костей белоспинных альбатросов из голоценовых отложений

показали, что птицы района Алеутских островов имели обширные области питания. Птицы, использовавшие для питания акватории Командорских о-вов, Чукотки и Камчатки и отличаются по изотопному сигналу от альбатросов Алеутских о-вов. Различия изотопных сигналов альбатросов из разных областей, видимо, связаны с глобальными различиями в океанических течениях и пищевых сетях в разных районах северной части Тихого Океана.

Таблица 1. Значения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ коллагена костей белоспинных альбатросов из береговых отложений Командорских о-вов и археологических памятников Алеутских о-вов, Камчатки и Чукотки.

Район	шт.	$\delta^{13}\text{C} \pm \text{SD}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N} \pm \text{SD}$ (‰)
Восточные Алеутские о-ва	33	$-14,4 \pm 0,5$	$18,2 \pm 0,8$
Центральные Алеутские о-ва	14	$-14,1 \pm 0,4$	$18,2 \pm 1$
Западные Алеутские о-ва	22	$-14,4 \pm 0,5$	$17,6 \pm 1$
Командорские о-ва	12	$-14,5 \pm 0,4$	$17,3 \pm 0,7$
Камчатка	5	$-14,9 \pm 1$	$16,8 \pm 0,4$
Чукотка	3	$-15,3 \pm 0,3$	$17,1 \pm 1$

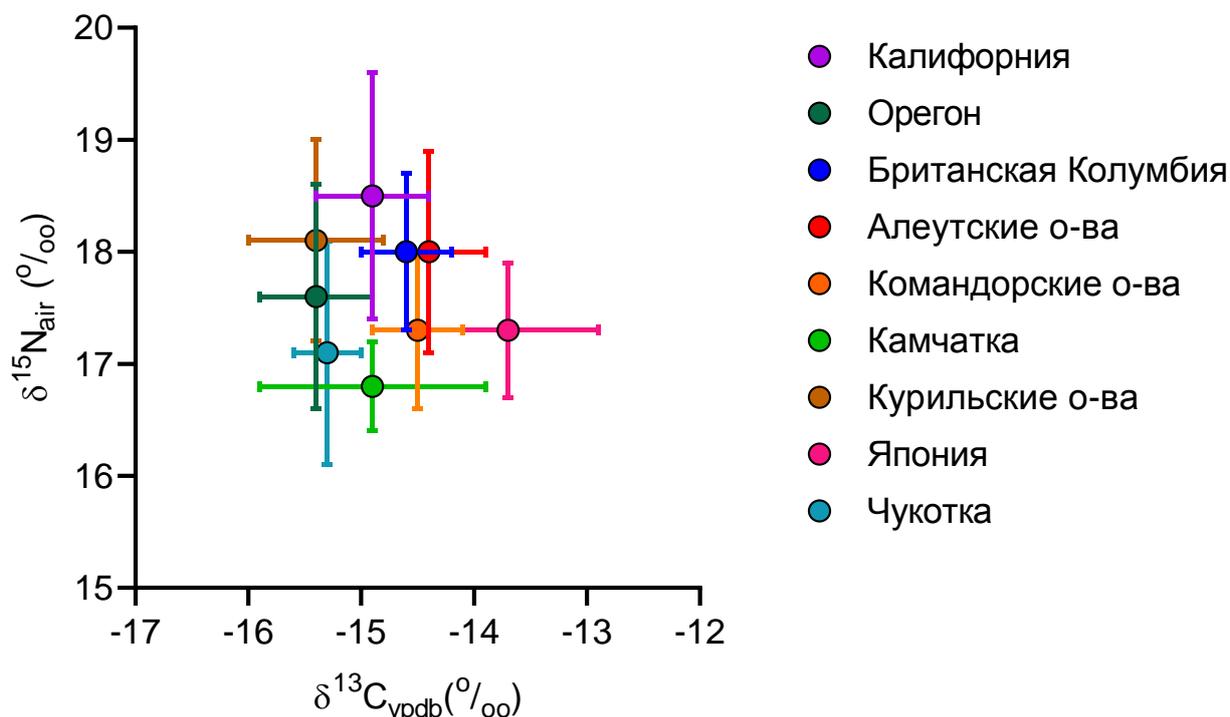


Рис. 1. Разброс значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ коллагена костей белоспинных альбатросов из голоценовых отложений (археологических и береговых) побережья северной части Тихого Океана. Для Калифорнии, Орегона, Британской Колумбии, Курильских о-вов и Японии данные приведены по [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Causey D. et al. The palaeoenvironment of humans and marine birds of the Aleutian Islands: three millennia of change // *Fisheries Oceanography*. 2005. V. 14. С. 259-276.
2. Guiry E., James M., Cheung C., Royle T. C. Four millennia of long-term individual foraging site fidelity in a highly migratory marine predator // *Communications biology*. 2022. V. 5. No 1. P. 1-9.
3. Dinesman L.G., Kiseleva N.K., Savinetsky A.B., Khassanov B.F. Secular dynamics of coastal zone ecosystems of the north-eastern Chukchi peninsula (Chukotka: cultural layers and natural depositions from the last millennia). 1999. 131 p.
4. Красная книга РСФСР (Животные). М: Россельхозиздат, 1983. 449 с.
5. Brooke M. Albatrosses and petrels across the world. Oxford University Press, 2004. 499 p.
6. Шунтов В.П. Отряд Трубноносые // Птицы СССР. История изучения. Гагары, поганки, трубноносые. М.: Наука, 1982. С. 352-427.
7. Carboneras, C., Jutglar F., Kirwan G. M. Short-tailed Albatross (*Phoebastria albatrus*). Birds of the World. Cornell Lab of Ornithology, 2020.
8. Hobson K.A., Sease J.L., Merrick R. L., Piatt J.F. Investigating trophic relationships of pinnipeds in Alaska and Washington using stable isotope ratios of nitrogen and carbon // *Marine Mammal Science*. 1997. V. 13. No 1. P. 114-132.
9. Burton R.K., Koch P.L. Isotopic tracking of foraging and long-distance migration in northeastern Pacific pinniped // *Oecologia*. 1999. V. 119. No 4. P. 578-585.
10. DeNiro M. J., Epstein S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals // *Geochimica Et Cosmochimica Acta*. 1978. V. 42. No 5. P. 495-506.
11. DeNiro M. J., Epstein S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals // *Geochimica Et Cosmochimica Acta*. 1981. V. 45. No 3. P. 341-351.

S u m m a r y.

The short-tailed albatross (*Phoebastria albatrus*) is a rare species of birds today, whose numbers decreased significantly in the Holocene due to human commercial activities. Bone remains of albatrosses from the archaeological sites of Chukotka, Kamchatka, and the Aleutian Islands, and from coastal deposits of the Commander Islands were used to analyze the content of stable carbon and nitrogen isotopes in bone collagen. The results of the analysis of 89 samples showed that albatrosses feeding along the Aleutian Islands differ from birds from the areas of the Commander Islands, Kamchatka and Chukotka. The features found are apparently associated with differences in ocean currents and food webs in the studied areas.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР ОСТРОВА АНЗЕР (СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА, БЕЛОЕ МОРЕ)

¹Д.Д. Кузнецов, ¹А.В. Лудикова, ²Д.А. Субетто, ²П.А. Леонтьев, ²И.М. Греков,
^{3,4}М.С. Потахин, ¹Т.В. Сапелко, ²Л.С. Сырых, ⁵Д.С. Толстобров

¹*Институт озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН, С.-Петербург, dd_kuznetsov@mail.ru*

²*Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, С.-Петербург*

³*Карельский научный центр РАН, Петрозаводск*

⁴*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск*

⁵*Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты*

PALAEOLIMNOLOGICAL STUDIES OF THE LAKES ON ANZER ISLAND (SOLOVETSKY ARCHIPELAGO, WHITE SEA)

¹D.D. Kuznetsov, ¹A.V. Ludikova, ²D.A. Subetto, ²P.A. Leontev, ²I.M. Grekov,
^{3,4}M.S. Potakhin, ¹T.V. Sapelko, ²L.S. Syrykh, ⁵D.S. Tolstobrov

¹*Institute of Limnology – SPb FIC RAS, St.-Petersburg,*

²*Herzen State Pedagogical University of Russia, St.-Petersburg*

³*Karelian Research Center of the RAS, Petrozavodsk*

⁴*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk*

⁵*Geological Institute of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity*

Аннотация.

Впервые проведены палеолимнологические исследования озер, расположенных на острове Анзер (Соловецкие острова, Белое море). Выполнено радиоуглеродное датирование, диатомовый анализ, анализ потерь при прокаливании. Установлено время изоляции озер от крупного бассейна. Построена кривая перемещения береговой линии Белого моря во второй половине голоцена для данной территории. Положение верхней морской границы здесь установлено в интервале 17–21 м.

Ключевые слова: голоцен, изоляционные бассейны, озерное осадконакопление, органическое вещество в донных отложениях, потери при прокаливании, перемещение береговой линии моря

Установление детальной хронологии голоценового перемещения береговой линии Белого моря является важной палеогеографической задачей, одним из принципиальных методов решения которой является метод изоляционных бассейнов, примененный нами в палеолимнологических исследованиях на острове Анзер (Соловецкие острова, Белое море). На Соловецких островах нами ранее проводились аналогичные работы на крупнейшем острове архипелага – Большом Соловецком острове [1, 2]. Анзер – второй по площади остров архипелага. Отобраны колонки донных отложений девяти озер (Большое Вербокольское, Кривое, Островное, Каменное, Банное, Голгофское, Капорское и 2 озера без названия), расположенных на абсолютных отметках от 3 до 67 м над у.м. Аналитические работы проводились для четырех озер, расположенных на отметках ниже 22 м над у.м. и подробно представлены в [3].

В соответствии с литостратиграфией разрезов и динамикой содержания в них органического вещества выделяется несколько горизонтов,

соответствующих следующим стадиям развития озер. 1) Стадия большого (пресноводного или морского) бассейна. Отложения представлены преимущественно минеральными осадками, содержание органического вещества в которых не превышает 6%. 2) Переходная стадия изолирующегося залива. В это время формируются тонкослоистые глинистые гиттии, мощность которых может достигать 34 см. Для них характерен рост содержания органического вещества, в некоторых разрезах достигающего 34%. 3) Стадия изолированного пресноводного озера. Отложения представлены бурыми однородными гиттиями с содержанием органического вещества до 50%. Скорость осадконакопления на этом этапе составила от 0,1 до 1 мм/год, в большинстве случаев около 0,2-0,3 мм/год [3].

Данные диатомового анализа свидетельствуют об отсутствии морской диатомовой флоры в отложениях озера без названия, расположенного на абсолютной отметке около 21 м над у.м., что позволяет уточнить положение верхней морской границы для данного региона.

Органогенное осадконакопление (накопление гиттии) в озерах Соловецких островов, расположенных на абсолютных отметках выше 21 м над у.м. началось относительно одновременно (не позднее 10500-11000 кал. л.н.). В озерах, расположенных на более низких отметках, возраст начала органонакопления зависит от их гипсометрического положения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., Лисицын А.П., Евзеров В.Я., Беек П. ван, Суо М., Субетто Г.Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // ДАН. 2012. Т. 446. № 2. С. 183–190. doi: 10.1134/S1028334X12090140
2. Ludikova A.V., Subetto D.A., Kuznetsov D.D., Sapelko T.V. From a large basin to a small lake: Siliceous microfossils stratigraphy of the isolation basins on Big Solovetskiy Island (the White Sea, NW Russia) and its implication for paleoreconstructions // Quaternary International. – Available online 13 July 2021. In press. doi: 10.1016/j.quaint.2021.07.007
3. Кузнецов Д.Д., Лудикова А.В., Субетто Д.А., Леонтьев П.А., Греков И.М., Потахин М.С., Сапелко Т.В., Сырых Л.С., Толстобров Д.С. Хроно- и литостратиграфия озерных отложений острова Анзер (Соловецкие острова) в контексте послеледниковой истории Белого моря // Известия АН. Сер. Географическая. 2022. В печати.

S u m m a r y.

Sediments of lakes located on Anzer Island (Solovetsky Archipelago, White Sea) are cored and studied. Radiocarbon dating, diatom analysis, loss-on-ignition analysis are carried out. The time of isolation of lakes from a large basin is established. The shoreline displacement curve for the second half of the Holocene for this territory is constructed. The Holocene marine limit here is established at 17-21 m.

ОТРАЖЕНИЕ ХОЛОДНЫХ СОБЫТИЙ ГОЛОЦЕНА В ОСАДКАХ ДРИФТА ГАРДАР

Л.А. Кулешова¹, Л.Д. Баширова^{1,2}, Д.А. Смирнова³

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, lubov_kuleshova@mail.ru*

²*Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, bas_leila@mail.ru*

³*МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, dasha@a-smirnov.com*

REFLECTION OF COLD HOLOCENE EVENTS IN THE GARDAR DRIFT SEDIMENTS

L.A. Kuleshova¹, L.D. Bashirova^{1,2}, D.A. Smirnova³

¹*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow*

²*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad*

³*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Аннотация.

В рамках данной работы получено первое наиболее подробное и комплексное исследование региональных изменений палеоокеанологических параметров в северо-восточной части Атлантического океана в районе контуритового дрефта Гардар на протяжении последних 11 тысяч лет. Анализ геохимических и микропалеонтологических данных в осадках колонки АИ-3359 позволил выделить 15 кратковременных интервалов похолодания. Данные интервалы частично совпадают с известными событиями Бонда ~1500-летней цикличности. Кроме того, по использованным в работе палеоиндикаторам наблюдаются более частые циклы последовательной смены условий охлаждения поверхностного слоя ~400–500 лет.

Ключевые слова: Северная Атлантика, палеоокеанологические реконструкции, циклы Бонда, фораминиферы.

Вариации палеоокеанологических условий, отмеченные в субарктической области Атлантического океана в четвертичное время, вероятно, являлись триггером для последующих перестроек глобальной климатической системы через обратные связи внутри этой системы [например, 1, 10]. Считается, что даже за небольшие (в геологическом масштабе) интервалы времени могли происходить значительные изменения палеосреды, которые влекли за собой реорганизацию термохалинной палеоциркуляции. К таким кратковременным перестройкам, возникающим в североатлантическом регионе, относят события Хайнриха, осцилляции Дансгарда-Эшгера, а также циклы Бонда [4, 5, 7, 9]. Последние – климатические колебания голоцена с периодичностью 1500 ± 500 лет [5] – характеризуются более слабой изученностью: в научной литературе механизм их формирования, частота и продолжительность остаются дискуссионными [например, 6, 15]. В осадках, отобранных в различных частях Земного шара, цикличность событий Бонда может проявляться интервалами похолодания и/или опустынивания и засух [16]. Кроме того, в пределах голоцена многие авторы выделяют и другую периодичность кратковременных холодных событий – циклы 2600, 1000, 900, 800, 500, 400, 150, 75–80 лет, определяющие

факторы формирования которых также до конца не выявлены [например, 11, 15]. Между тем, установление причин происхождения и закономерностей смены палеогеографических условий в пределах современного межледникового интервала имеет первостепенное значение для оценки текущих перестроек природной среды, а также при прогнозировании будущих климатических изменений.

Цель настоящей работы – реконструкция холодных событий голоцена в районе влияния субарктического фронта в Атлантическом океане и корреляция полученных результатов с известными климатическими осцилляциями. Материалом для исследования послужила колонка донных осадков АИ-3359 (59°29.885' с.ш. 24°42.105' з.д., 2517 м, длина 486 см), отобранная в Западно-Европейской котловине на дрифте Гардар – к востоку от хребта Рейкьянес. Возрастная модель колонки АИ-3359 основана на 15 масс-спектрометрических радиоуглеродных датировках [2, 13]. Перевод радиоуглеродных возрастов в календарный производился в программе Calib 8.20 с учетом глобального резервуарного эффекта в 550 лет и без поправки на локальный резервуарный эффект ΔR [8]. Для построения возрастной модели колонки АИ-3359 использовалось программное обеспечение CLAM 2.3.8 [3] с применением метода линейной интерполяции между 15 опорными точками – калиброванными датировками. Сформированные на северо-восточном склоне контуритового дрифта осадки колонки АИ-3359 характеризуются высокими скоростями седиментации (>30 см/тыс. лет), что делает их перспективными для выявления тысячелетней и вековой изменчивости поверхностных и придонных условий. В качестве палеоокеанологических индикаторов были выбраны микропалеонтологические данные: распределение отдельных видов планктонных (ПФ) и бентосных (БФ) фораминифер; рассчитанные по сообществам видов ПФ летние и зимние температуры, а также по сообществам БФ – индексы биоразнообразия и доминирования. Кроме того, были использованы геохимические данные: вариации содержания стабильных изотопов кислорода и углерода ($\delta^{18}O$ и $\delta^{13}C$) в раковинах ПФ и БФ, процент содержания карбоната кальция в осадках колонки. Для выделения возможной цикличности кратковременных событий в голоцене и выявления факторов, обуславливающих эти климатические колебания, в среде MATLAB проведен спектральный анализ изменения концентрации вышеописанных палеоиндикаторов с использованием преобразований Фурье [14].

Полученные результаты позволили зафиксировать кратковременные климатические колебания – 15 интервалов похолодания, которые, по-видимому, сопровождались интенсивным формированием морского льда и его транспортом в южном направлении, судя по повышенным значениям содержания зерен ледового разноса (IRD, >150 мкм) в колонке АИ-3359. Исходя из результатов палеотемпературного анализа, в течение этих холодных событий температуры поверхностного слоя могли опускаться на 2–2.5 °С (например, ~8.8, 8.2 и 5.4 тыс. кал.л.н.) в сравнении с предшествующими более теплыми интервалами. Зарегистрированные пониженные палеотемпературы поверхностного слоя около 8.2, 5.9, 4.2, 3 и 1.4 тыс. кал.л.н. совпадают с таковыми в исследовании Г. Бонда и соавторов [4, 5]. Помимо ~1500-летней цикличности, в осадках колонки АИ-3359 отчетливо наблюдаются более частые циклы последовательной смены условий охлаждения поверхностного слоя ~1000 и ~400–500 лет, судя по доминирующим пикам спектральной плотности.

Интересно, что в позднем голоцене холодные события сопровождаются увеличением в сообществе ПФ доли субполярного вида *Turborotalia quinqueloba* и одновременным уменьшением содержания вида *Globorotalia inflata*, обитающего на глубинах 200–300 м, что может указывать на приближение Субарктического фронта к востоку от хребта Рейкьянес и ослаблении вентиляции подповерхностных вод из-за холодной распресненной «шапки» в верхнем слое. Подобный механизм, по-видимому, наблюдается и во второй половине раннего голоцена (события ~9 и 8 тыс. кал.л.н.), тем самым подтверждается гипотеза о похолодании климата в Северной Атлантике в результате экспансии талых вод и последующей существенной перестройки структуры глобальной термохалинной циркуляции [например, 15].

Интервалы похолодания ~5.9, 4.8 и 4.2 тыс. кал.л.н. коррелируют с уменьшением солнечной инсоляции в Северном полушарии, также не отмечается значительного роста доли вида *T. quinqueloba* в сообществе ПФ. Возможно, похолодание в это время является следствием периодического расширения холодного полярного антициклона и усиления меридиональной циркуляции атмосферы [12]. Таким образом, холодные события голоцена, скорее всего, не были вызваны одним единственным процессом. На формирование кратковременных климатических изменений, вероятно, повлияла комбинация различных спусковых механизмов.

Исследование содержания карбоната кальция в осадках колонки АИ-3359 проведено в рамках госзадания ИО РАН (тема №FMWE-2021-0012), микропалеонтологический анализ, интерпретация и обобщение данных выполнено при поддержке гранта РФФИ (№22-17-00170). Авторы выражают благодарность Медведеву Игорю за помощь в проведении анализа спектральной плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков В.А. Новая концепция орбитальной теории палеоклимата. М.: МГУ, 2003. 256 с.
2. Новичкова Е.А., Саввичев А.С., Баширова Л.Д. и др. Литолого-биогеохимические исследования седиментосистемы Северной Атлантики (по материалам 49-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Иоффе») // *Океанология*. 2019. Т. 59. №. 4. С. 641–655.
3. Blaauw M. Methods and code for ‘classical’ age-modelling of radiocarbon sequences // *Quaternary Geochronology*. 2010. V. 5. No. 5. P. 512–518.
4. Bond G., Kromer B., Beer J. et al. Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene // *Science*. 2001. V. 294. No. 5549. P. 2130–2136.
5. Bond G., Showers W., Cheseby M. et al. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates // *Science*. 1997. V. 278. No. 5341. P. 1257–1266.
6. Bradley R.S., Bakke J. Is there evidence for a 4.2 ka BP event in the northern North Atlantic region? // *Climate of the Past*. 2019. V. 15. No 5. P. 1665–1676.
7. Dansgaard W., Johnsen S.J., Clausen H.B. et al. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record // *Nature*. 1993. V. 364. No. 6434. P. 218–220.
8. Heaton T.J., Köhler P., Butzin M. et al. Marine20—the marine radiocarbon age calibration curve (0–55,000 cal BP) // *Radiocarbon*. 2020. V. 62. No. 4. P. 779–820.
9. Heinrich H. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years // *Quaternary research*. 1988. V. 29. No 2. P. 142–152.
10. Kandiano E.S., Bauch H.A. Surface ocean temperatures in the north-east Atlantic during the last 500 000 years: evidence from foraminiferal census data // *Terra Nova*. 2003. V. 15. No 4. P. 265–271.
11. Kotov S., Harff J. A comparison of Greenland Ice and Baltic Sea sediment record—a contribution to climate change analysis // *Mathematical Geology*. 2006. V. 38. No 6. P. 721–733.
12. O'Brien S.R., Mayewski P.A., Meeker L.D. et al. Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland ice core // *Science*. 1995. V. 270. No 5244. P. 1962–1964.
13. Savkina K.E., Bashirova L.D., Novichkova E.A. Changes in surface conditions east of the Reykjanes Ridge (North Atlantic) during the Late Pleistocene to Holocene cold events // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2018. V. 18. No 5. ES5004.
14. Thomson R.E., Emery W.J. *Data analysis methods in physical oceanography*, 3rd edition. Amsterdam, London, New York: Elsevier Science. 716 p.
15. Wanner H., Buetikofer J. Holocene Bond Cycles: real or imaginary // *Geografie*. 2008. V. 113. No. 4. P. 338–349.
16. Wanner H., Solomina O., Grosjean M. et al. Structure and origin of Holocene cold events // *Quaternary Science Reviews*. 2011. V. 30. No. 21–22. P. 3109–3123.

S u m m a r y.

This work obtained the first most detailed and complex study of regional paleoceanological variations over the contourite Gardar Drift in the northeastern Atlantic Ocean for the last 11 kyr. Based on geochemical and micropaleontological data analyses of sediment core AI-3359, the spatiotemporal pattern of 15 cold relapses was distinguished during the Holocene. These intervals partially coincide with the well-known Bond events of the ~1500-year cycle. Additionally, more frequent cycles of ~400–500-year surface cooling are registered by the paleoproxies used in the current work.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ОЗЕР НА ПОБЕРЕЖЬЕ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

¹О.В. Лазарева, ¹Н.Б. Лаврова

¹ФИЦ КарНЦ РАН Институт геологии КарНЦ РАН, ox-laz@yandex.ru

THE USE OF MICROPALAEONTOLOGICAL INDICATORS IN STADYING THE DEVELOPMENT OF SMALL LAKE OF THE KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA

¹O.V. Lazareva, ¹N.B. Lavrova

¹ Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences, ox-laz@yandex.ru

Аннотация.

Приведены результаты микропалеонтологического изучения донных отложений малых озер побережья Кандалакшского залива Белого моря. Выделены три этапа эволюции бассейна озера: морской, переходный и озерный. Выявлены особенности их палинологических спектров. Показано, что фации достаточно надежно диагностируются по пыльце и спорам специфических видов – индикаторов определенных экологических условий. Непыльцевые палиноморфы (водоросли *Pediastrum*, *Botryococcus* и спикулы губок) могут быть использованы для идентификации различных этапов развития озера и в дальнейшем для более надежной и объективной реконструкции изменений относительного уровня моря и миграции береговой линии в голоцене.

Ключевые слова: донные отложения, спорово-пыльцевой анализ, непыльцевые палиноморфы, малые озера, Белое море.

Реконструкция изменения уровня моря в голоцене является важной задачей для прогнозных оценок колебаний уровня моря в будущем. Исследования донных отложений озер, расположенных в прибрежной зоне на разных гипсометрических уровнях, дают возможность реконструировать этапы развития озер и выявить положение береговой линии моря в прошлом. В последние годы изучены донные отложение компактно расположенных разновысотных изолированных бассейнов, расположенных на побережье Кандалакшского залива (в районе пос. Кереть и пос. Соностров). В данной работе рассматривается применение пыльцы, спор, а также непыльцевых палиноморф (спикул губок, водорослей *Pediastrum*, *Botryococcus*) для идентификации этапов развития озер при отделении их от морского бассейна.

Очевидными индикаторами стадий развития озера при изоляции озерных котловин являются комплексы диатомовых водорослей. Не менее надежными индикаторами могут служить непыльцевые палиноморфы (спикулы губок, остатки водорослей *Pediastrum* и *Botryococcus*), пыльца и споры пресноводных водоемов и растений галофитов приморских засоленных экотопов Белого моря. Для исследования были выбраны типичные облигатные галофиты приморских

территорий западного побережья Белого моря: *Tripolium vulgare* Nees, *Plantago maritima* L., *Atriplex nudicaulis* Boguslaw, *Salicornia herbacea* (L.) L. [1]. Авторами были изучены субрецентные спорово-пыльцевые спектры из поверхностных отложений зоны, затопляемой во время прилива. Следует отметить, что в поверхностных и в морских отложениях изученных разрезов встречается пыльца вышеупомянутых галофитов, а также пыльца по своим морфологическим особенностям принадлежащая типу *Aster*. Этот тип включает пыльцу ряда видов, но с остальным комплексом пыльцы и спор по экологии и географическому распространению наиболее совместим только один из них – *Tripolium vulgare* [2]. Для подтверждения этого были использованы атласы-определители, эталонная коллекция Института геологии КарНЦ РАН, а также пыльца, полученная из гербарного материала Института леса КарНЦ РАН. В настоящее время для целей диагностики фацциальной принадлежности осадков изучается пыльца типичных облигатных галофитов приморских территорий Белого моря – триостренника морского (*Triglochin maritimum* L., сем. Juncaginaceae) и гляукса морского (*Glaux maritima* L., сем. Primulaceae). Важным показателем среды обитания являются скелетные элементы (спикулы) губок. Присутствие в большом количестве спикул губок (Porifera) в препаратах может свидетельствовать об осадконакоплении в морских условиях, так как большинство из них предпочитает морскую среду обитания [3].

Наиболее представительны разрезы донных отложений малых озер, расположенных в районе пос. Кереть, условно обозначенные озеро I (N 66° 16' 37.7"; E 33° 38' 16.7"; абс. отм. 37м) и озеро II (N 66° 15' 34,4", E 33° 39' 22,2", абс. отм. 28,7 м). Согласно данным спорово-пыльцевого анализа установлено, что таксономическое разнообразие пыльцы и спор, обнаруженное в донных отложениях озер, типично для лесной растительности Карелии. Не останавливаясь на описании спорово-пыльцевых диаграмм, рассмотрим индикаторные группы пыльцы, спор и непыльцевых палиноморф из седиментационных последовательностей донных осадков озер I и II, представленных морскими осадками, осадками переходной зоны от морских к озерным условиям и осадками пресноводного озера. Три этапа эволюции малых озер выделены на основании результатов диатомового и литологического анализов.

Морские осадки представлены глиной серого цвета с обломками и целыми раковинами и неяснослоистым алевритом (озеро I и II). В нижней части осадков

озер I и II зафиксировано большое количество спикул губок, единичные пыльцевые зерна *Aster-type* (озеро I) и *Plantago maritima* (озеро II). Выше по разрезу вклад спикул губок уменьшается, таксономическое разнообразие и количество пыльцы галофитов (*Aster-type*, *Plantago maritima*, *Atriplex nudicaulis*, *Salicornia herbacea*), напротив, возрастает. Пыльца *Aster-type* создает непрерывную кривую (озеро I). Возможно, это обусловлено постепенным отступанием моря и приближением суши, так как в морских осадках больше всего пыльцы аккумулируется в прибрежной зоне, причем ее основная масса сосредоточена на мелководье [4].

Осадки переходной зоны от морских к озерным условиям осадконакопления представлены тонкослоистой гиттией (озера I и II). В спорово-пыльцевых спектрах переходной зоны озера II одновременно встречаются единичные пыльцевые зерна как галофитов (*Atriplex nudicaulis*), так и представителей пресноводной растительности (*Typha latifolia*, *Utricularia*). В осадках озера I отмечены единичные пыльцевые зерна растений галофитов (*Atriplex nudicaulis*, *Plantago maritima*) и незначительное количество пыльцы и спор водных и болотных растений (*Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Isoetes*). Спикулы в отложениях переходных зон озер I и II не зафиксированы, что указывает на неблагоприятные условия для существования губок. Отметим, что появляются водоросли *Pediastrum* и *Botryococcus*. Примечательно, что в осадках этой зоны (озеро I) увеличивается количество пыльцы Сурегасеае и Роасеае. Многие виды этих семейств являются облигатными и факультативными галофитами, увеличение количества их пыльцы обусловлено понижением уровня морского водоема, когда на появившихся еще засоленных местообитаниях распространились осоковые и злаковые прибрежные сообщества. В настоящее время наиболее густые травостой на приморских лугах создает осока обертковидная (*Carex subspathacea* Wormsk. ex Hornem.). Возможно, пыльца продуцировалась гликофитами из семейств Сурегасеае, Роасеае, которые расселялись на мелководьях опресненного водоема. В спорово-пыльцевых спектрах палинозон, характерных для осадков переходной зоны, находят отражение первые этапы естественного процесса образования озер на территории, постепенно освобождающейся от моря. Согласно полученным данным в интервале времени

7000-6700 кал.л.н. водоем I постепенно опреснялся, но еще находился под влиянием моря.

Осадки пресноводного водоема представлены гиттией (озеро I и II). Надежным диагностическим признаком опреснения водоема служит появление в отложениях пыльцы видов и спор *Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Isoetes*, водорослей *Pediastrum* и *Botryococcus*. (озеро I и II). Водоем I начал развиваться как пресноводный около 6700 кал.л.н., водоем II приблизительно 6400 кал.л.н.

Таким образом, пыльца, споры галофитов и гликофитов, непыльцевые палиноморфы могут быть использованы при изучении донных отложений малых озер Кандалакшского залива Белого моря, что позволит с большей степенью достоверности реконструировать этапы развития водоемов, в прошлом являвшихся частью морского бассейна.

Работа выполнена в рамках темы ГЗ Института геологии КарНЦ РАН № АААА-А18-118020690231-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марковская Е. Ф., Сергиенко Л. А., Шкляревич Г. А., Сони́на А. В., Стародубцева А. А., Смолькова О. В. Природный комплекс побережий Белого моря. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2010. 84 с.
2. Лаврова Н.Б., Колька В.В., Корсакова О.П. Некоторые особенности палиноспектров донных отложений малых озер северной части Прибеломорской низменности // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып.14. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. С.197-202.
3. Kriska G. Freshwater Invertebrates in Central Europe. A Field Guide. 2013. Springer Science & Business Media. 411 p.
4. Найдина О.Д. Палеогеография региона моря Лаптевых в первую половину голоцена по фаунистическим и палинологическим данным // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 4. №3. С. 331-340.

S u m m a r y.

The results of the micropaleontological study of bottom sediments of small lakes on the coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea are presented. Three stages in the evolution of the lake basin: marine, transitional and lacustrine were recognized. The features of their palynological spectra are revealed. It is shown that the stages are reliably diagnosed by pollen and spores of specific indicator species of certain ecological conditions. Non-pollen palynomorphs (algae *Pediastrum*, *Botryococcus* and sponge spicules) can be used to identify different stages. These data will be used further for a more reliable and objective reconstruction of relative sea level changes and coastline migration in the Holocene.

НИЖНЯЯ ВОЛГА В НАЧАЛЕ ГОЛОЦЕНА

¹Д.М. Лобачева, ¹Е.Н. Бадюкова, ¹Р.Р. Макшаев

МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, г. Москва, lobachevadm@my.msu.ru

LOWER VOLGA IN THE EARLY HOLOCENE

¹D.M. Lobacheva, ¹E.N. Badyukova, ¹R.R. Makshaev

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow

Аннотация.

На основе изучения многочисленных материалов возникает вопрос, где протекала Волга в конце Хвалынского времени (конец плейстоцена – начало голоцена). В то время дельта Волги находилась существенно севернее современной (см. рис 1). Она впадала в лагуну Северного Каспия и формировала крупнейшую много рукавную дельту (около 200-210 км шириной). Дельта существовала в виде серии крупных рукавов: на месте современной Волго-Ахтубинской поймы был вероятно небольшой центральный рукав, на западе был Сарпинский рукав, а на востоке Эльтон-Хаккский. В начале голоцена Сарпинский и Хаккский рукава начали отмирать, и большая часть воды стала устремляться по центральному рукаву, формируя современную долину Волго-Ахтубы.

Ключевые слова: Каспийское море, Нижняя Волга, голоцен, геоморфология и палеогеография, Бэровские бугры

Введение

Начиная с конца XIX века велось изучение геологических разрезов в устье долины Нижней Волги. Анализ литературы и результаты многолетних полевых работ показали, что во всех изученных разрезах вдоль Нижней Волги (таких как Светлый Яр, Райгород, Черный Яр, Нижнее Займище, Цаган-Аман и пр.) вскрываются мощные толщи осадков ниже- и верхнехазарского возраста, представленных сложным комплексом лиманных, дельтово-морских и морских образований. Они в свою очередь перекрыты субаэральными супесями, маломощными морскими прибрежными песками и шоколадными глинами, образовавшимися в лагунах, лиманах и эстуариях хвалынского возраста (конец плейстоцена-начало голоцена). При этом, хвалынский аллювий не обнаруживается ни в одном из тех разрезов [Бадюкова, 2020; Krijgsman et al., 2019]. Из чего следует, что река Волга не протекала на месте своего современного положения в хвалынское время, в связи с чем возникает вопрос, где было расположено ее русло в Северо-западном Прикаспии в Хвалынское время.

Результаты и обсуждение

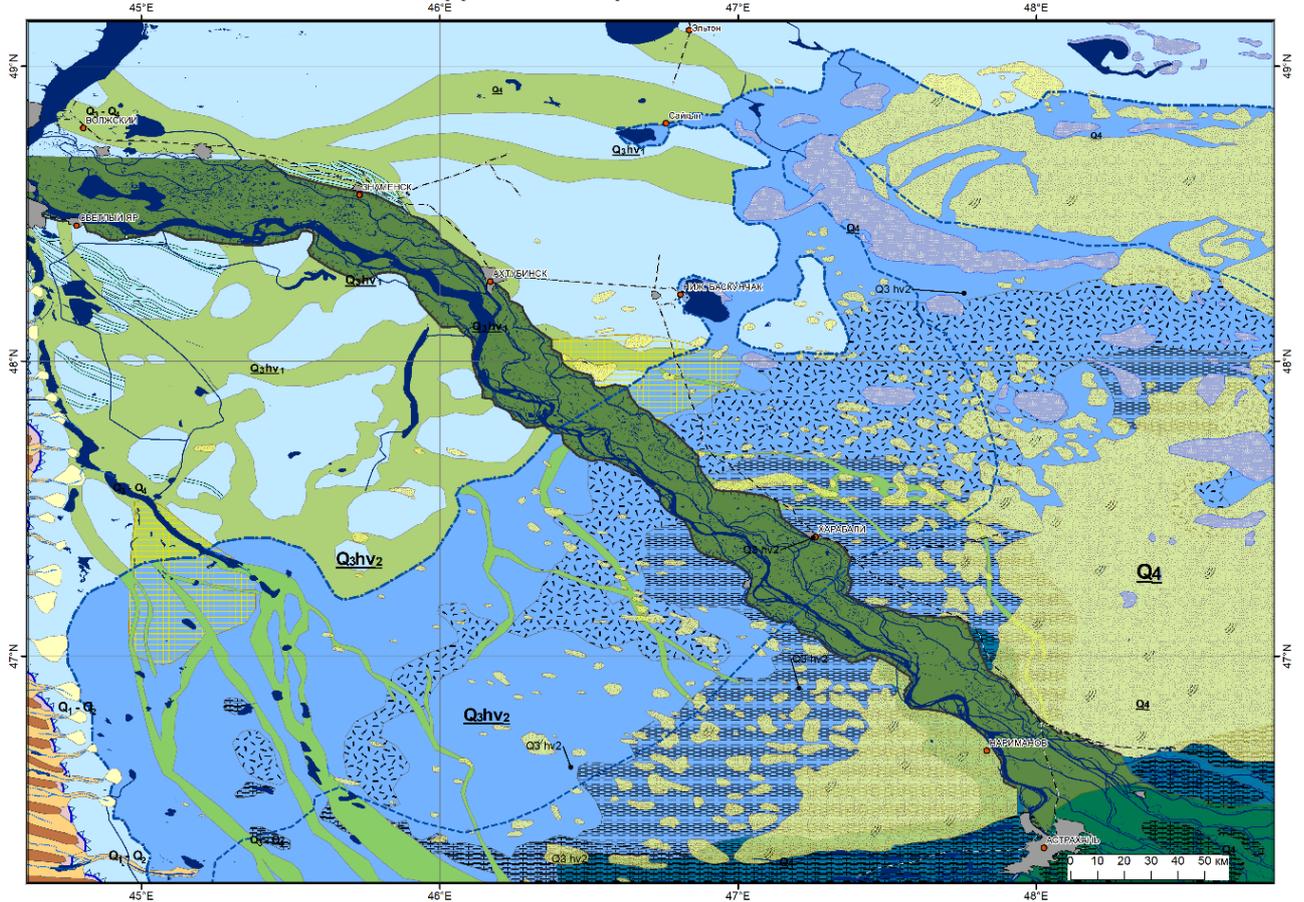
В хвалынское время русло Волги в нижнем течении разделялось на серию рукавов. К востоку в 50–90 км от современного русла прослеживается цепочка озер: среди них соленые озера возле пос. Азгир, Нижний Баскунчак, Балкудук, Асан, Мынтобе. В Хвалынское время урочище Хаки было одним из эстуариев-залювиев Северного Каспия, куда вероятно впадали воды одной из крайних восточных протоков ПалеоВолги [Леонтьев и др., 1965].

Крайний западный рукав Волги пролегал вдоль подножия склонов Восточных Ергеней, эродировал поверхность морской равнины, в результате чего сформировалась Сарпинско-Даванская ложбина. К настоящему времени ложбина разделена пролювиальными конусами, сформированными временными водотоками со склонов Восточных Ергеней, на ряд замкнутых понижений, занятых озерами или солончаками. На рис. 1 детально показаны многочисленные разветвленные палеопротоки ранне- и позднехвалынского возраста, простирающихся как в меридиональном направлении, так и в субширотном. Некоторые палеопротоки простираются на восток и юго-восток и, судя по топографии, протягиваются через Ахтубу на левый берег Волги и прослеживаются в рельефе далее на ССВ, где многими скважинами вскрываются дельтово-морские отложения, залегающие в понижениях хазарского рельефа [Доскач, 1956]. На правобережье Волги наиболее крупный палеоврез фиксируется между сел. Раздольный и Ступино. Ширина серии палеопротоков достигает здесь 15 км, а глубина вреза около 8–10 м. Вторая серия меньшей ширины, между сел. Старица и Черный Яр, простирается на ЮЮЗ, сливаясь далее с ложбиной Сарпа. О маломощности западного рукава свидетельствует небольшая терраса Сарпы, где мощность аллювия составляет не более 4–5 м. Мощность аллювия в долине Даван составляет 1–3 м. Сарпинско-Даванская ложбина является весьма древним образованием, существовавшим с хазарского времени и отмиравшим в эпохи регрессий Каспия [Николаев, 1957]. В ложбине протягиваются бэровские бугры с относительной высотой до 8 м и длиной отдельных останцов бугровых комплексов до 5–6 километров. Днище ложбины сливается с обширными такырами, расположенными между буграми. Бэровские бугры в Сарпинско-Даванской долине представлены в виде останцов, где бугровая толща залегает на шоколадных глинах хвалынского возраста, накопившихся в лагунно-

лиманных условиях. Последние в свою очередь обнажаются в геологических разрезах, что говорит о том, что первоначальный бугровый комплекс рельефа испытал эрозионное воздействие речных водотоков в Даванской ложбине. Из этого следует, что эти водотоки были активны в период после того, как бугры были сформированы, то есть в начале голоцена с наступлением Мангышлакской регрессии. Именно этим можно объяснить незначительную мощность аллювия в ложбине, так как водотоки следовали за отступающим уровнем моря, размывая более древние отложения и бугры. Наши исследования позволяют считать бэровские бугры формами рельефа, изначально образовавшимися на дне обширных, так называемых, пластовых потоков, следовавших из лагуны Северного Каспия в Маныч и далее в Черное море [Лобачева и др., 2021]. Лагуна существовала во время спада трансгрессии Каспия в позднехвалынское время. Изрезанный берег лагуны и несколько береговых линий отступающего моря в значительной мере сохранились в современном рельефе. Следовательно, фиксируемые в долине Даван бугры генетически не связаны с ее формированием, что опровергает гипотезу Жукова о происхождении данных форм [Жуков, 1937].

Если посмотреть на рисунок рельефа на правом и левом бортах Волги, то можно отметить его однородность, где рельеф на правом берегу как бы продолжает рельеф гряд на левом борту. Это, как и отсутствие аллювиальных отложений позднехвалынского возраста, дает основание предположить, что основное русло Волги текло восточнее, а современная долина еще не была сформирована к началу голоцена. Ее происхождение связано с падением уровня моря во время Мангышлакской регрессии, т.е. относительно после образования бугров Бэра.

Геоморфологическая карта Нижнего Поволжья



Условные обозначения к геоморфологической карте на Нижнее Поволжье. Масштаб 1:1 100 000

- Рельеф морского происхождения:
 - Морская аккумулятивная равнина раннекальвианского возраста Q_1^{lv1} , осложненная суффозиальными формами
 - Морская поверхность позднекальвианского возраста Q_2^{lv2} (н абс = до 0-2 м)
 - Морская новокаспийская равнина раннеголоценового возраста Q_3^{dk}
 - Склоны Ергеней абразионные, переработанные последующими субаральными процессами возраста Q_4
- Рельеф флювиального и озёрного происхождения:
 - Палеопотоки Волги приуроченные к морским равнинам Q_1^{lv2}
 - Палеопотоки приуроченные к морским равнинам Q_3^{lv2}
 - Современная пойма Волги возраста Q_4
 - Дельта Волги возраста Q_4
 - Эрозионно-денудационные склоны и днища овражно-балочных форм на восточных склонах Ергеней пересеченные возрастом Q_3
 - Конусы выноса балок Q_3 - Q_4 возраста
 - Внутренние дельты Сарпы
 - Озерные котловины
- Рельеф, созданный комплексной эрозионно-денудационной деятельностью:
 - Междуречная эрозионно-денудационная пологоволистая поверхность выравнивания возраста Q_1
 - Развееваемые бугристо-ячеистые пески с дефляционными котловинами голоценового возраста Q_4
 - Барханные поля возраста Q_4
- Эрозионно-аккумулятивные формы, первоначально образованные на дне лагуны:
 - Запотоковые борозские бугры на севере своего распространения возраста Q_3^{lv2}
 - Борозские бугры линейной морфологии (стадия зрелости форм) возраста Q_3^{lv2}
 - Борозские бугры (ББ) возраста Q_3^{lv2} , перемежающиеся с озерными ильменями и протоками между ними. ББ размытые в ильменах за счет абразии во время Новокаспийской трансгрессии с последующим эрозионным размытием водотоками (стадия зрелости форм). И ББ при впадении Сарпы в ильмень.
- Прочие обозначения:
 - Граница распространения верхнекальвианской морской аккумулятивной равнины возраста, 0-2 м абс. Q_2^{lv2}
 - Граница распространения одной из стадий отступления позднекальвианского морского бассейна, береговая линия -11 м абс.
 - Абразионные уступы (отмершие) у подножия восточных склонов Ергеней возраста Q_1 - Q_4
 - Эрозионные уступы
 - Руслу временных водотоков в днищах балок и ложбинах
 - Древние ложбины стока на морских аккумулятивных равнинах Q_1 - Q_4 возраста
 - Железные дороги
 - Населенные пункты
 - Соловчатка

Рис. 1. Геоморфологическая карта Нижнего Поволжья с условными обозначениями (составлена Лобачевой Д.М.)

Заключение

К началу голоцена Волга впадала в позднехвалынскую лагуну Северного Каспия и формировала крупную многорукавную дельту выполнения в среднем шириной около 200—210 км. Это было крупное многорукавное образование, крупнее современной дельты и по размеру схожим с современной дельтой Лены (ширина ее составляет 230—260 км).

К концу позднехвалынского времени Волга в своем нижнем течении функционировала в виде серии крупных рукавов-палеопроток: на месте современной Волго-Ахтубинской поймы существовал небольшой центральный рукав, на западе был Сарпинский рукав, а на востоке Эльтон-Хаккский. Они были соединены между собой обширной сетью рукавов, рельеф которых до сих пор сохранился. В самом конце позднехвалынского времени Сарпинский и Хаккский рукава начали отмирать, и большая часть воды стала устремляться по центральному рукаву, формируя современную долину Волго-Ахтубы.

Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ №20-05-00608.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадюкова Е.Н. Происхождение «врезанных» или слепых дельт на Волго-Уральском междуречье в свете новых представлений об истории колебаний уровня Каспия // Геоморфология. – 2020 – №3 – с. 72–83.
2. Доскач А.Г. О генезисе рельефа Волго-Уральского междуречья // Тр. ин-та географии. 1956. Вып. 69. С. 2–36.
3. Жуков М.М. Геоморфология Северо-западного Прикаспия. Бюллетень М. О-ва Исп. Природы, отд. Геология. Т. 15, вып. 3, 1937
4. Леонтьев О.К., Фотева Н.И. Геоморфология и история развития северного побережья Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ. 1965. 151 с.
5. Лобачева Д.М., Бадюкова Е.Н., Макшаев Р.Р. Литофациальное строение и условия накопления отложений бэровских бугров Северного Прикаспия // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2021; (6): 99–111.
6. Николаев В.А. Сарпинско-Даванская ложбина и ее происхождение / Известия ВГО. Т. 89. Вып. 4. 1957. С. 333-338
7. Krijgsman, W., Tesakov, A., Yanina, T., Lazarev, S., Danukalova, G., Van Baak, C. G., Agustí, J., Alçiçek, M. C., Aliyeva, E., Bista, D., Bruch, A., Büyükmeriç, Y., Bukhsianidze, M., Flecker, R., Frolov, P., Hoyle, T. M., Jorissen, E. L., Kirscher, U., Koriche, S. A., Kroonenberg, S. B., Lordkipanidze, D., Oms, O., Rausch, L., Singarayer, J., Stoica, M., van de Velde, S., Titov, V. V., and Wesselingh, F. P. Quaternary time scales for the pontocaspian domain: interbasinal connectivity and faunal evolution // *Earth-Science Reviews*. 2019. 188. 1–40.

Summary

In the late Khvalynian time, the Volga channel in the lower reaches must have had multiple terminal distributary channels at different scales which formed an arcuate fluvial-dominated delta much larger (200-210 km wide) than the modern one and somewhat reminiscent of the modern Lena delta in size. In the location of the modern Volga-Akhtuba floodplain there was probably a small central branch, in the west there was a Sarpinsky branch, and in the east an Elton-Khaki branch. They were interconnected by an extensive system of paleochannels, the relief of which is still well-preserved. At the onset of the Holocene, the Sarpa and Khaki branches began to die off, and most of the water rush along the central branch, forming the modern Volga-Akhtuba valley.

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМОГЕННОГО ДАТИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ГОЛОЦЕНА

¹М.С. Лукьянычева, ^{1,2}Р.Н. Курбанов

¹*Институт географии РАН, г. Москва, mashluk95@igras.ru*

²*МГУ им М.В. Ломоносова, г. Москва, kurbanov@igras.ru*

COSMOGENIC DATING APPLICATION IN HOLOCENE STUDIES

¹M.L. Lukyanycheva, ^{1,2}R.N. Kurbanov

¹*Institute of Geography RAS, Moscow, mashluk95@igras.ru*

²*Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, kurbanov@igras.ru*

Аннотация.

В последние десятилетия датирование поверхностной экспозиции с использованием космогенных нуклидов стало мощным инструментом в четвертичной геохронологии и исследованиях эволюции ландшафтов. Путем измерения концентрации радионуклидов могут быть датированы формы рельефа возрастом от нескольких сотен лет до нескольких миллионов лет. Области применения метода охватывают широкий спектр геоморфологических проблем и задач при изучении четвертичного периода. Методика космогенного датирования позволяет определять время различных палеогеографических событий (как длительность экспонирования материала, так и время, прошедшее с погребения отложений), таким образом, давая возможность реконструировать время как аккумулятивных, так и денудационных событий геологической летописи.

Ключевые слова: наземные космогенные радионуклиды, палеогеография, абсолютное датирование, ¹⁰Be, четвертичная геохронология

В современном мире все большее значение приобретают исследования палеогеографических событий с применением метода датирования по наземным космогенным радионуклидам (НКР). Наиболее популярным направлением использования метода является определение возраста различных ледниковых событий, путем датирования морен. В последнее время методические разработки позволили создавать хронологии для высокоамплитудных и сложных историй динамики ледниковых событий горных регионов.

НКР накапливаются в минералах горных пород, подвергшихся воздействию космических лучей [1]. Источником производства НКР является галактическое космическое излучение, состоящее в основном из нуклонов высоких энергий – протонов и альфа-частиц, которые обладают достаточной энергией для участия в процессах ядерных распадов в верхних слоях атмосферы. Взаимодействие частиц этого излучения с ядрами атомов атмосферы Земли приводят к образованию каскада новых частиц и реакций. Частицы и излучение, формирующиеся в результате начальных взаимодействий, образуют то, что традиционно называют «вторичным

излучением», которое, в конечном итоге, достигает земной поверхности. Производство НКР происходит под действием реакции расщепления (спалляции) – это процесс с высокой падающей энергией, при котором нейтрон (или другой нуклон) сталкивается с ядром-мишенью (например, атомом кремния) и отрывает от него несколько (обычно 3-10) более легких частиц, а из остатка формируется ядро нового элемента (например, ^{21}Ne) (рис.1). Измерение концентрации НКР позволяет определить, как долго отложения и горные породы находились на поверхности Земли или вблизи нее [3]. В настоящее время наиболее используемыми нуклидами являются радионуклиды ^{10}Be , ^{14}C , ^{26}Al , ^{36}Cl и стабильные инертные газы ^3He и ^{21}Ne . Для наиболее применяемых наземных космогенных радионуклидов (РНК), например ^{10}Be , ^{26}Al , темпы производства в различных минералах (в первую очередь в кварце) определены с высокой точностью.

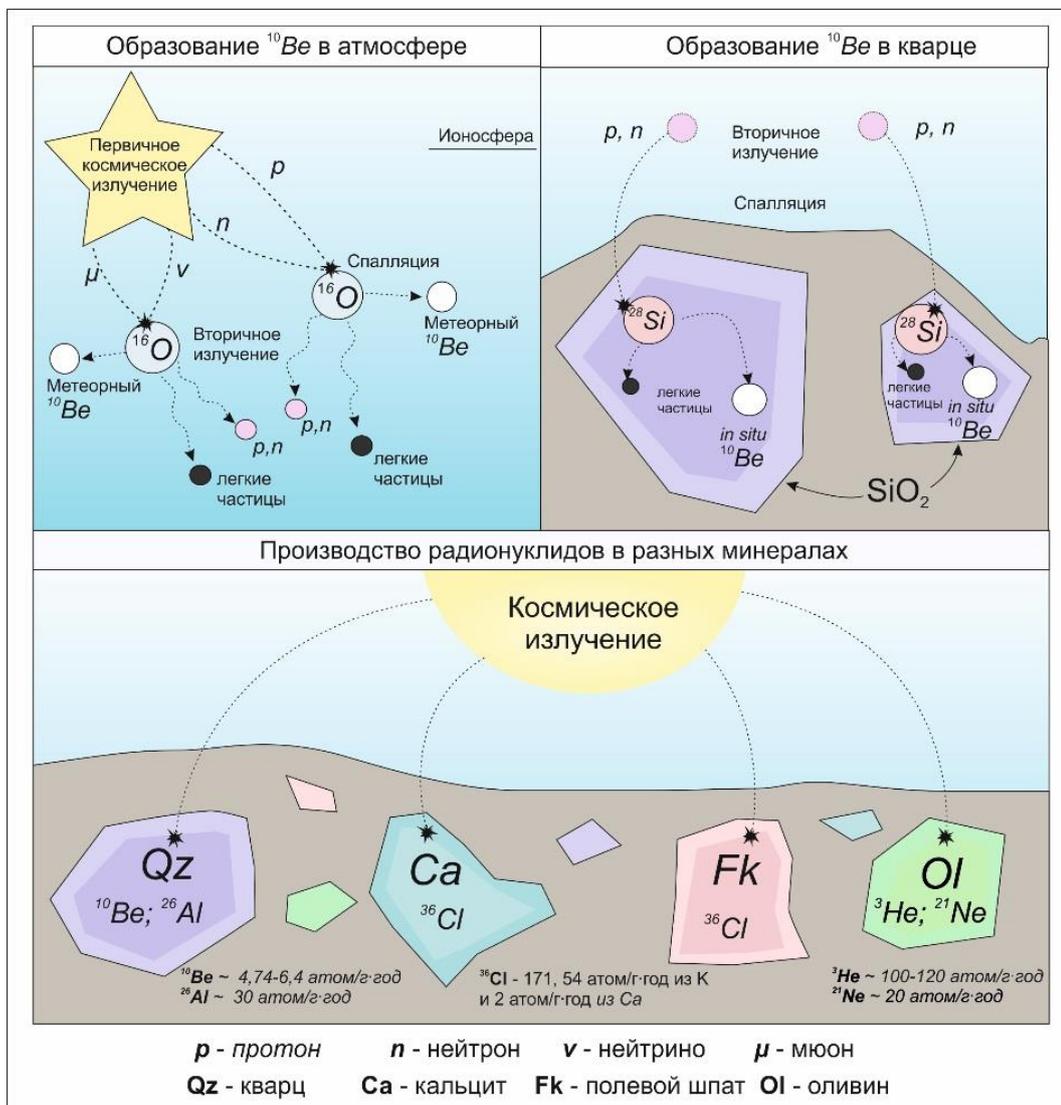


Рис.1. Обобщенная схема процессов формирования НКР

Таким образом, знание скорости производства и измерение содержания выбранного НКР позволяет определять продолжительность воздействия космического излучения на образец, что в итоге дает возможность датировать поверхностное воздействие на горные породы практически любого состава и на любой широте и высоте [3].

Области применения космогенного датирования

Из-за большого разнообразия доступных радионуклидов и ряда минералов, в которых их можно измерить, открывается возможность решения широкого спектра геохронологических задач. При изучении голоцена применение метода датирования по НКР особо актуально для определения момента экспозиции, т.е. событий, приводящих к обнажению скальной поверхности, либо горных пород. В современной практике геологических исследований метод используется для получения датировок обвальных глыб, моренных гряд и отдельных валунов, поверхностей ледниковой экзарации, конусов выноса, селевых выбросов, стенок каньонов, абразионных клифов, древних вулканических поверхностей, сейсмотектонических уступов, импактных кратеров.

Наиболее широко космогенное датирование применяется в восстановлении ледниковой истории голоцена. Космогенные нуклиды обладают уникальной характеристикой, поскольку они могут быть использованы для выяснения фундаментальной информации о термическом режиме древних ледяных щитов. Непосредственным плюсом применения космогенного датирования в изучении ледниковых событий, является возможность определения возраста поверхности горных пород и отложений различного генезиса напрямую [2]. Это значительное преимущество перед другими методами, где определение возраста отложений и форм рельефа производится косвенным путем. При восстановлении хронологии ледниковых событий в научном обществе преимущество отдают ^{10}Be . Однако применение этого радионуклида имеет смысл для датирования более древних плейстоценовых ледниковых хронологий [3]. Для голоцена все большее применение находит радионуклид *in-situ* ^{14}C , который образуется в кристаллической решетке минералов и подходит для изучения процессов на земной поверхности в течение последних 30 000 лет [4]. Ввиду высокой скорости производства и короткого периода полураспада *in-situ* ^{14}C достигает насыщения в породе быстрее, чем другие наземные космогенные нуклиды, что делает его полезным для характеристики средних скоростей эрозии в краткосрочной

перспективе, а также в датировании этапов последней дегляциации и определения возраста коротких событий. В ходе доклада нами будут показаны примеры успешного применения этого НКР в определении хронологии и динамики площади оледенения в голоцене.

Благодарности: исследование выполнено при поддержке проекта РФФ 19-77-10077.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагнер Г. А. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. М.: Техносфера, 2006.
2. Ivy-Ochs S., Kober F. Surface exposure dating with cosmogenic nuclides. E&G Quaternary Science Journal, 2008. Т. 57. №. 1/2. P. 179-209.
3. Gosse J.C. et al. Terrestrial in situ cosmogenic nuclides: theory and application. Quaternary Science Reviews, 2001. Т. 20. №. 14. P. 1475-1560.
4. Sanhueza-Pino K. et al. Glacial advances constrained by ^{10}Be exposure dating of bedrock landslides, Kyrgyz Tien Shan. Quaternary Research, 2011. Т. 76. №. 3. P. 295-304.

S u m m a r y.

In recent decades, surface exposure dating using cosmogenic radionuclides has become a powerful tool in Quaternary geochronology and landscape evolution studies. By measuring the radionuclide concentration, landforms dynamics in age from a few hundred years to tens of millions years can be dated. The method application areas cover a wide range of geomorphological problems and Quaternary geology. Cosmogenic dating technique allows determining the time of various palaeogeographic events: exposure moment, as well as the duration of the deposits burial. Thus, cosmogenic dating makes it possible to determine the time of both accumulative and erosional events in the geological record.

ДИНАМИКА РУСЛОВОЙ СЕТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ В КОНТЕКСТЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ СЕМИБУГОРИНСКОГО АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

¹Р.Р. Макшаев, ¹Е.Н. Бадюкова, ¹Е.Ю. Матлахова, ¹Д.М. Лобачева,

¹Е.И. Лысенко, ¹А.А. Бердникова, ²С.А. Котеньков, ³Д.С. Соловьев

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, *radikm1986@mail.ru*

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Астрахань

³ООО «Археоцентр», Астрахань

DYNAMICS OF THE CHANNEL NETWORK OF THE CENTRAL PART OF THE VOLGA DELTA IN THE CONTEXT OF THE EXISTENCE OF THE SEMIBUGRY ARCHAEOLOGICAL SITE

¹R.R. Makshaev, ¹E.N. Badyukova, ¹E.Yu. Matlakhova, ¹D.M. Lobacheva,

¹E.I. Lysenko, ¹A.A. Berdnikova, ²S.A. Kotenkov, ³D.S. Soloviev

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

²*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Astrakhan*

³*LLC Archeocentr, Astrakhan*

Аннотация.

Динамика природной среды дельты р. Волги неразрывно связана с трансгрессивно-регрессивными циклами Каспийского моря. Для голоценового этапа было характерно неоднократное подтопление обширных территорий современной дельты р. Волги, вызванное подъемом уровня Каспийского моря. Это обстоятельство находит свое отражение в гидродинамических процессах, литологическом строении и развитии древних государств на обширной области дельты р. Волги.

Ключевые слова: Каспийское море, голоцен, Волжская Хазария, геоморфология, палеогеография

Введение

В течении последних 2 тыс. лет береговые линии Каспийского моря испытывали ряд колебаний в пределах от -34 до -20 м абс. [2-5]. В работе приводятся результаты комплексного исследования отложений, и территории центральной части дельты р. Волги в районе Семибугоринского археологического комплекса (Астраханская область). Геоморфологическое строение территории представлено: Бэровскими буграми, межбугровыми понижениями, осложнёнными ильменями, старицами и палеопотоками р. Волги, а также речными террасами. В рельефе дельты наиболее отчетливо выделяются Бэровские бугры, вытянутые гряды, ориентированные чаще всего близко к субширотному направлению [1]. В дельте р. Волги бугры представлены чаще всего субширотно ориентированными останцами высотой 7-15 м. Бугры сложены так называемыми бугровыми отложениями, представленными слоистыми песками и алевритами. Межбугровые понижения представлены разнообразными генетическими типами отложений (озерными, речными, субэвральными, болотными), свидетельствующими о существовании там различных обстановок осадконакопления, динамично сменяющихся в течение голоцена.

Область исследования

Полевые работы проводились в районе археологического комплекса Семибугры в районе с. Бараний Бугор совместно с исследователями археологической экспедиции ООО "Археоцентр" и института Океанологии им. П.П. Ширшова РАН по изучению древнего поселения эпохи Хазарского каганата. Территория исследования охватывала область аккумулятивной дельтовой равнины р. Волгина левобережье р. Болды (рис. 1). Проведено изучение строения двух археологических раскопов, в которых обнаружены культурные слои с археологическими находками красно- и сероглиняной керамики салтово-маяцкой культуры, относящейся к эпохе Хазарского каганата

(VIII-X вв.). Также проведено ручное бурение в 6 точках на близлежащих территориях, для изучения литологического строения, идентификации культурных слоев и верификации системы древних проток.



Рис. 1. Район исследований, левобережная часть р. Болда, вблизи с. Бараний Бугор.

Результаты и обсуждение

Строение археологического раскопа ВВ5 (гл. 1,8 м) представлено чередованием культурных слоев, состоящих из темно-серых суглинков и светло-бежевых супесей и суглинков с включениями обломков и целых раковин моллюсков *Unio sp.*, *Viviparus sp.*, углистыми прослоями, костями животных, а также фрагментами красно- и сероглиняной керамики. Пространственное положение изученных слоев демонстрирует их падение к восточной части раскопа. Залегание данных слоев позволяет проследить условия их образования в эпоху развития хазарского поселения на данной территории. Горизонты светло-бежевых суглинков (ср. мощностью 50-60 см), предположительно, представляют собой системы валов, предназначенных для берегоукрепления или для защиты от паводков. Система этих валов перекрывается культурными слоями, в которых встречаются обломки керамики, кости животных и *in-situ*

раковины моллюсков *Dreissena distincta*, *Unio sp.*, указывающих на субаквальные условия накопления данных слоев.

Вблизи раскопа ВВ5, было проведено исследование строения в шурфе ВВ4 (гл. 1,7 м), в которой также были обнаружены культурные слои, с включениями красно- и сероглиняной керамики и углей, подстилающиеся серовато-коричневыми суглинками с частыми включениями крупных раковин *Dreissena distincta* и *Viviparus sp.*

На участке, возможной палеопотоки (точка ВВ7) была пробурена скважина (гл. 6,1 м). Отложения в верхних 3,5 м представлены преимущественно суглинками с прослоями песка или супеси, с 3,5 до 5 м – чередованием песков и суглинков, ниже – обводненным песком, по-видимому, аллювиального происхождения. В отложениях керна не было обнаружено культурных слоев и осколков керамики. Материал из скважины ВВ9 (гл. 5,7 м) представлен чередованием коричневых и светло-сизо-коричневых суглинистых слоев (с редкими включениями детрита раковин, углистыми прослоями и гипсовыми пятнами) с желтовато-бежевыми тонкозернистыми песками с глинистыми прослоями. Культурных слоев и обломков керамики обнаружено не было. Керновый материал в точке ВВ11 (гл. 4,2 м) также представлен чередованием серовато-коричневых суглинков с бежевыми тонкозернистыми песками. Однако в отличие от ВВ9, состав отложений более опесчаненный. Культурных слоев и обломков керамики также обнаружено не было. Состав отложений вскрытых в кернах скважин ВВ7, ВВ9, ВВ11 представляет собой осадки поймы, ильменей, дельтовых проток и возможно ингрессионных заливов. Последний тип осадков, представленный бежевыми, хорошо сортированными песками вскрыт с глубины 1,7 м в точке ВВ10 (гл. скважины 3,6 м) в 3,5 км к СЗ от с. Бараний Бугор.

Исходя из литологического строения изученных отложений, и их сопоставления с археологическими находками можно предположить, что хазарское поселение на изученной территории располагалось в условиях относительно интенсивной гидродинамической обстановки. Об этом свидетельствуют находки *in-situ* раковин пресноводных и солоноватоводных моллюсков *Dreissena distincta*, *Viviparus sp.*, *Unio sp.*, группа пресноводных планктонных диатомей *Aulacoseira granulata* и *A. Italica*, а также характер залегания отложений, культурных слоев и древних валов в археологическом

шурфе (ВВ5). Предположительно, вблизи точки ВВ5 существовало понижение, образованное рекой и скорее всего, являлось бортом древнего русла протоки или реки. Наличие песчаных слоев, вскрытых в точках ВВ7 и ВВ11, указывают на развитие флювиальных процессов и накопление аллювиальных отложений.

Авторы выражают огромную благодарность всем участникам археологической экспедиции за помощь в полевых исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бэр К. Ученые записки о Каспийском море и его окрестностях // Зап. ИРГО. Спб, 1856. С. 3-32.
2. Варущенко С.И., Варущенко А.Н., Клиге Р.К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. М.: Наука. 1987. – 240 с.
3. Гумилев Л.Н. История колебания уровня Каспия за 2000 л. (с IV в. до н.э. по XVI в. н.э.) // Колебания увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене. М., 1980. С. 32-47.
4. Леонтьев О.К. К вопросу о масштабах и возрасте новокаспийской трансгрессии // Тр-ды Океанограф, ком. Т. 4. 1959. С. 81-90.
5. Свиточ А.А. Большой Каспий: строение и история развития. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2014. – 272 с.

S u m m a r y.

The dynamics of the natural environment of the Volga delta is inextricably linked with the transgressive-regressive cycles of the Caspian Sea. The Holocene stage was characterized by repeated flooding of vast areas of the modern delta of the Volga River, caused by a rise in the level of the Caspian Sea. This circumstance is reflected in the hydrodynamic processes, lithological structure and development of ancient states in the vast area of the Volga delta.

ПОЗДНИЙ ГОЛОЦЕН СУБАРКТИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ И СЕВЕРОЕВРОПЕЙСКИХ МОРЕЙ

¹А.Г.Матуль, ¹Е.А.Новичкова, ¹Г.Х.Казарина, ¹М.Д.Кравчишина,
¹Н.В.Козина, ¹Е.В.Грачева, ²В.Рахаман

¹ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, *amatul@mail.ru*

²Национальный Центр Полярных и Океанских Исследований, г. Васко да Гама, Индия
waliur@ncpor.gov.in

LATE HOLOCENE IN SUBARCTIC ATLANTIC AND NORTHEUROPEAN SEAS

¹A.G. Matul, ¹E.A. Novichkova, ¹G.Kh. Kazarina, ¹M.D. Kravchishina,
¹N.V. Kozina, ¹E.V. Gracheva, ²W. Rahaman

¹*Shirshov Institute of Oceanology, Moscow*

²*National Centre of Polar and Ocean Research, Vasco da Gama, India*

Аннотация.

Реконструкция палеоокеанологии позволяет выявить тренды развития субарктической природной среды и осадконакопления в аспекте современных глобальных климатических изменений. Неогляциация в последние 5-4 тыс. лет хорошо проявилась в седиментологических, геохимических и микропалеонтологических записях донных

отложений в разных районах открытой Северной Атлантики и северных морей. В последние 2 тыс. лет она прерывалась резкими кратковременными потеплениями.

Ключевые слова: палеоокеанология, поздний голоцен, субарктическая Северная Атлантика, донные осадки.

Одна из основных тенденций современного этапа по реконструкции палеоокеанологии — высокоразрешающий анализ природных условий в голоцене. Концентрация на самом последнем, наиболее близком к современности этапе геологической истории (последние 3–4 тыс. лет) с временным разрешением до первых сотен и нескольких десятков лет позволяет изучить влияние палеоклиматических событий на развитие цивилизации [6]. Изучение разрезов донных отложений из североатлантических и арктических районов дало основательные результаты по экстремальным событиям палеоклимата последнего ледникового цикла: ледниковому максимуму позднего плейстоцена, резкому потеплению после оледенения во время терминации I, оптимуму голоцена. Однако следует отметить, что потепление на переходе от оледенения к голоцену не может быть прямым аналогом для сопоставления с современным развитием климата, т.к. оно происходило в существенно других граничных условиях — при существовании и разрушении обширных континентальных ледников. Климат позднего голоцена был относительно свободен от влияния процессов оледенения на материках и определялся в основном взаимодействием атмосферной и океанской циркуляции, которые имели значительную изменчивость. Кратковременные (длиной в несколько столетий или десятилетий) климатические события оказывали значительное влияние на морскую седиментацию и экологию. Во второй половине голоцена после термического оптимума произошла неогляциация — похолодание с уровня ~5 тыс. лет назад (т.л.н.), при этом в Северной Атлантике оно не имело существенных вариаций, но позднее 2 т.л.н. проявились сильные короткие потепления [5]. Новые исследования показывают сложный характер природных событий позднего голоцена в субарктической Северной Атлантике и северных морях [1, 3, 4].

Анализ микропалеонтологии (диатомеи, радиолярии, фораминиферы) и изотопии кислорода по фораминиферам в колонке АМК-340 [2], а также микропалеонтологии колонки АИ-3359 (диатомеи, радиолярии) позволил выявить неогляциацию в субарктической Атлантике на хр. Рейкьянес не позднее уровня около 3 т.л.н. Похолодание на поверхности моря хорошо

выражено в уменьшении общего содержания умеренных и тепловодных диатомей от 30 до 5 %, а его максимум ~150 лет назад отмечен появлением до 4 % ледовых диатомей. В подповерхностных слоях похолодание могло происходить позднее примерно на 1 тыс. лет, а летняя температура на глубине 100–200 м, по данным факторного анализа радиолярий, могла уменьшаться на 4°C. Эти сведения подтверждаются снижением концентрации субполярного вида планктонных фораминифер *N. pachyderma* dex. и увеличением $\delta^{18}\text{O}$ по фораминиферам.

Результаты изучения диатомей в сопоставлении с имеющимися палеозаписями по колонке PS1243-2, восточный склон хр. Ян-Майен, и известными глобальными и региональными архивами палеоклимата показали, что неогляциация в центре Норвежско-Гренландского бассейна на контакте арктической и североатлантической воды у Арктического фронта проявилась на поверхности моря не позднее 4.5 т.л.н. Направленность местных неогляциальных изменений — приближение Арктического фронта (по значительному увеличению содержания полярного вида планктонных фораминифер *N. pachyderma* sin. до >70 %), уменьшение влияния поверхностной смешанной арктическо-норвежской воды, усиление контрастности условий с увеличением признаков арктической и/или североатлантической воды, особенно при кратковременных потеплениях позднего голоцена (в конце Минойской цивилизации, в Римские века и Средневековье).

В Лофотенской котловине Норвежского моря, колонки АМК-5188 и АМК-6142, под западной ветвью умеренно-теплого Норвежского течения также четко проявилось похолодание с уровня 3.4 т.л.н. по резкому росту концентрации *N. pachyderma* sin. и другим параметрам, но здесь после 1.8 т.л.н. неогляциация остановилась, и обнаружались признаки потепления, по крайней мере, в подповерхностном слое.

В желобе Воронина, Карское море, по результатам комплексных исследований колонки АМК-5240 неогляциация была продолжением общего похолодания после раннеголоценового потепления, но, видимо, усилилась с уровня 3 т.л.н., т.к. в осадках почти полностью исчезли диноцисты и бентосные фораминиферы.

Работа выполнена по гранту РФФИ № 21-17-00235 при дополнительной поддержке по теме Госзадания Минобрнауки № FMWE-2021-0006 (отбор проб осадков в экспедициях ИО РАН).

ЛИТЕРАТУРА

1. Farmer E.J., Chapman M.R., Andrews J.E. Holocene temperature evolution of the subpolar North Atlantic recorded in the Mg/Ca ratios of surface and thermocline dwelling planktonic foraminifers // *Global and Planetary Change*. 2011. V. 79. P. 234–243.
2. Matul A., Barash M.S., Khusid T.A., et al. Paleoenvironment variability during Termination I at the Reykjanes Ridge, North Atlantic // *Geosciences*. 2018. V. 8. No. 10. Article 375.
3. Matul A., Spielhagen R.F., Kazarina G., et al. Warm-water events in the Fram Strait during the last 2000 years as revealed by different microfossil groups // *Polar Research*. 2018. V. 37. Article 1540243.
4. Miettinen A., Divine D., Koç N., et al. Multicentennial variability of the sea surface temperature gradient across the subpolar North Atlantic over the last 2.8 kyr // *Journal of Climate*. 2012. V. 25. P. 4205–4219.
5. Orme L.C., Miettinen A., Divine D.V., et al. Subpolar North Atlantic sea surface temperature since 6 ka BP: Indications of anomalous ocean-atmosphere interactions at 4–2 ka BP // *Quaternary Science Reviews*. 2018. V. 194. P. 128–142.
6. Ruddiman W.F., Fuller D.Q., Kutzbach J.E., et al. Late Holocene climate: Natural or anthropogenic? // *Review of Geophysics*. 2016. V. 54. P. 93–118.

S u m m a r y.

Reconstruction of paleoceanology within the framework of the study allows us to identify trends in the development of the subarctic natural environment and sedimentation in the aspect of modern global climate change. Neoglaciation in the last 5-4 thousand years has been well manifested in sedimentological, geochemical and micropaleontological records of bottom sediments in different areas of the open North Atlantic and northern seas. In the last 2 thousand years, it was interrupted by sharp short-term warmings.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИИ ВОДОЕМА НА О. АДАК (АЛЕУТСКИЕ ОСТРОВА, США) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА ТОРФЯНОГО ОТЛОЖЕНИЯ

А.А. Неплюхина¹, М.А. Гололобова²

¹ *Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова, г. Москва, alisa@sev-in.ru*

² *МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, gololobovama@mail.ru*

THE HISTORY OF THE WATER BODY ON ADAK ISLAND (ALEUTIAN ISLANDS, USA) BASED ON THE RESULTS OF DIATOM ANALYSIS OF PEAT DEPOSIT

A.A. Neplyukhina¹, M.A. Gololobova²

¹ *A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow*

² *Moscow State University of M.V. Lomonosov, Moscow*

Аннотация.

По результатам диатомового анализа проведена реконструкция истории небольшого водоема на острове Адак, существовавшего в период с 8,700 до 4,100 л. н. Изучение

материала торфяного отложения выявило 89 таксонов диатомовых водорослей. Анализ послонного распределения таксонов в колонке позволил заключить, что в начале своего существования водоем был неглубоким, олиготрофным, с подкисленными водами и развитием планктонных форм, затем был засыпан вулканическим пеплом, обмелел и начал зарастать. В целом, история развития водоема на острове Адак повторяет историю водоема на соседнем острове Карлайл, также подвергшегося последствиям вулканической активности в регионе.

Ключевые слова: Голоцен, палеорекострукция, диатомовые водоросли, торфяное отложение, пресноводные экосистемы, Алеутские острова

Диатомовые водоросли являются общепризнанными и удобными объектами для построения различного рода палеорекострукций [1-3]. Район Алеутских островов (Аляска, США) является крайне слабоизученным в отношении видового разнообразия диатомовых водорослей, также до недавнего времени практически отсутствовали реконструкции климата для данного региона, основанные на диатомовом анализе торфяных или озерных отложений [4-6]. Для острова Адак подобное исследование является первым.

В рамках данной работы изучена колонка торфяных отложений с острова Адак (Алеутские острова, США) мощностью 275 см, с отсутствием материала первых 40 см колонки. Для отобранной для исследования колонки есть датировки, полученные на основании радиоуглеродного анализа. Формирование отложений на острове Адак началось более 8,7 тыс. л.н. (8697±201BP) [7, 8].

Из колонки с интервалами по 10-30 см были отобраны образцы (всего 20 образцов). Материал обрабатывали по стандартной методике [9]. Образцы были изучены методом световой микроскопии (СМ Olympus CX-43).

В ходе изучения препаратов, полученных из материала колонки торфяного отложения, было обнаружено 89 таксонов диатомовых водорослей видового и внутривидового рангов (из них 17 таксонов идентифицированы до уровня рода), относящихся к 38 родам.

К центрическим диатомовым водорослям из них относится 3 рода (*Aulacoseira*, *Pantocsekiella* и *Stephanodiscus*) с 5 видами. Остальные таксоны относятся к пеннатным диатомовым. Наибольшее видовое богатство демонстрирует род *Pinnularia* - отмечено 16 таксонов.

Большая часть видов являются бентосными, планктонные формы представлены центрическими диатомовыми.

Результаты географического анализа показывают, что большинство выявленных в отложении с острова Адак таксонов из числа доминантов являются космополитами, отмечена лишь небольшая доля бореальных видов.

Среди доминантов отмечены виды ацидофилы и ацидобионты, предпочитающие пониженные значения рН среды.

Анализ послойного распределения видов по слоям торфяного отложения, позволил выделить два больших этапа (Зона 1 и Зона 2) в развитии водоема, существовавшего на месте торфяного отложения в прошлом (рис.1). В изученных образцах содержится большое количество слоев вулканического пепла и тефры, что во многом предопределяет особый путь развития водоема в Голоцене [7, 8].

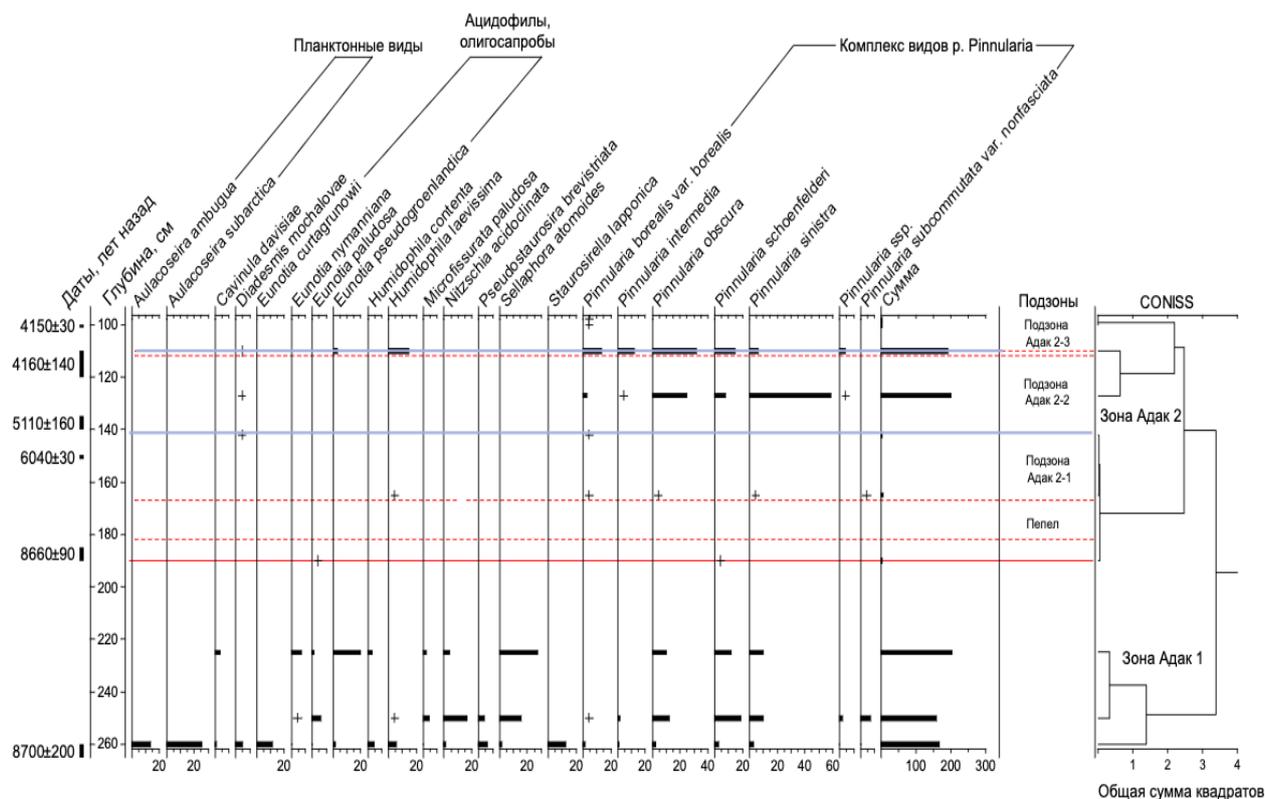


Рис.1. Диаграмма послойного створок диатомовых водорослей в колонке торфяного отложения с острова Адак.

Первый этап - выделенная Зона 1 (260-220 см; 8,700-8,600 л.н.) - характеризуется большим обилием створок диатомовых водорослей и относительно высоким видовым богатством. Среди доминантов в самом начале периода отмечены представители рода *Aulacoseira*: *A. ambigua*, *A. islandica*, *A. subarctica*, последний вид обильно представлен в материале. Наряду с этим, в

числе доминантов присутствуют *Eunotia curtagrunowii* и *Staurosirela lapponica*. При движении вверх по зоне исчезают представители рода *Aulacoseira* и в числе доминантов выявляются *Eunotia paludosa*, *E. pseudogroenlandica*, *Nitzschia acidoclinata*, *Sellaphora atomoides* и комплекс видов рода *Pinnularia* (*P. obscura*, *P. schoenfelderi*, *P. sinistra*), причем число отмеченных створок представителей данных таксонов увеличивается при движении к крыше зоны (8,600 л. н., граница 220 см).

Слои 182-230 см (8,000 - 8,500 л.н.) содержат вулканический пепел, однако в них отмечены единичные створки *Eunotia paludosa* и *Pinnularia schoenfelderi*. Эти слои знаменуют начало Подзоны Адак 2 -1 Зоны Адак - 2. В Зоне Адак 2 мы выделили три подзоны.

Слой 182-167 см представлен пеплом, створки диатомовых не были обнаружены.

Подзона Адак 2 - 1 (190-130 см; 6,100-5,100 л.н.), после пересыпания слоями пепла, продолжается в слоях 165-138 см. Ее характеризуют единично встреченные створки *Humidophila laevissima* и комплекса видов рода *Pinnularia*.

Подзона Адак 2 - 2 (130-112 см; 5,100 - 4,200 л.н.) в самом своем начале характеризуется единично отмеченными створками *Diadsmis mochalovae* и *Pinnularia borealis* var. *borealis*, однако при движении к крыше подзоны увеличивается число створок *P. borealis* var. *borealis* и в числе доминантов появляются *P. obscura*, *P. sinistra* и *P. schoenfelderi*.

Слой 110-112 представлен пеплом, створки диатомовых водорослей не обнаружены.

Подзону Адак 2 - 3 (110-98 см, 4,200-4,100 л.н.) в ее основании отличает доминирование по числу встреченных створок таких таксонов как *Humidophila laevissima*, *Pinnularia borealis* var. *borealis*, *P. intermedia*, *P. obscura*, *P. schoenfelderi* и *P. sinistra*. При движении к крыше подзоны створки вышеперечисленных таксонов отмечаются единично.

Слои 98-40 см. содержат частички пепла, створки диатомовых водорослей в них не отмечены. Материал слоев 40-0 см отсутствует и не включен в анализ.

Таким образом, по результатам проведенного диатомового анализа и оценки послойного распределения таксонов диатомовых водорослей в колонке торфяного отложения с острова Адак, можно предположить следующее развитие водоема. Водоем начал формироваться более чем 8,700 л.н. и был

относительно глубоководным, о чем свидетельствует преобладание створок планктонных форм (род *Aulacoseira*). Вероятнее всего, водоем формировался как дистрофное-олиготрофное верховое болото, на что указывает значительное количество створок видов-ацидофилов из рода *Eunotia*. Затем, по всей видимости, уровень воды в водоеме начал падать, с чем связано полное исчезновение планктонных форм и появление таксонов, обитающих в мелких дистрофных водоемах: *Microfissurata paludosa*, *Nitzschia acidoclinata*, *Sellaphora atomoides*, некоторые представители рода *Pinnularia*. При этом трофность и кислотность водоема не менялась. Вулканические события 8,500-8,000 л.н., приносившие на остров Адак пепел с соседних островов [7, 8], привели к засыпанию водоема и, что наиболее вероятно, его исчезновению. На месте начал формироваться очень мелкий водоем, в котором преобладают формы, обитающих на влажных почвах, численность которых с течением времени увеличивалась. Несмотря на присутствие слоев пепла в более поздний период существования водоема, не происходило его вторичного полного засыпания, поскольку. Последующее засыпание водоема пеплом не привело к его исчезновению, поскольку видовой состав доминантов в образцах практически не изменяется.

В целом, история развития данного водоема повторяет историю водоема на соседнем острове Карлайл, который также исчезал вследствие засыпания пеплом и претерпевал трансформацию из относительно глубокого в мелкий зарастающий водоем [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Battarbee R. W. Diatom analysis // Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. 1986. P. 527-570.
2. Fritz S. C., Juggins S., Battarbee R. W., Engstrom D. R. . Reconstruction of past changes in salinity and climate using a diatom-based transfer function. Nature. 1991.352(6337). P. 706-708.
3. Mackay A. W., Jones V. J., Battarbee R. W. Approaches to Holocene climate reconstruction using diatoms // Global change in the Holocene. 2003. P. 294-309.
4. Vaillencourt D. A. Five-thousand years of hydroclimate variability on Adak Island, Alaska inferred from δD of n-alkanoic acids : dissertation – Northern Arizona University, 2013.
5. Bailey H. L. et al. Holocene atmospheric circulation in the central North Pacific: A new terrestrial diatom and $\delta 18O$ dataset from the Aleutian Islands // Quaternary Science Reviews. 2018. V. 194. P. 27-38.
6. Smyshlyaeva O. I., Severova E. E., Khasanov B. F., Krylovich O. A., Kuzmicheva E. A., Savinetsky A. B. The Near Islands (the Aleutian Arc): History of Vegetation in the Holocene. Biology Bulletin. 2021. 48(4). 440-449 pp.
7. Savinetsky A. B., West D. L., Antipushina Z. A, Khasanov B. F., Kiseleva N. K., Krylovich O. A., Pereladov A. M. // The People Before: The Geology, Paleoecology and Archaeology of Adak

- Island, Alaska. British Archaeological Reports International Series / ed. by D., West, V., Hatfield, E., Wilmerding, C. Lefèvre, L. Gualtieri. Oxford: Archaeopress, 2012. P. 75-106.
8. Noguchi, M. Vegetation Changes around Haven Lake, Adak Island, Central Aleutians, Alaska, Determined from Pollen Analysis / M. Noguchi, T. Fujiki, M. Okuno, L. Gualtieri, V. Hatfield, B. Sarata, M. Torii, et al. // Radiocarbon. 2018. V. 60. № 5. P. 1483-1492.
9. Kelly M.G., Adams C., Graves A.C. The Trophic Diatom Index: A User's Manual. – Bristol: Environmental Agency, 2001. 135 p.
10. Неплюхина А.А., Чудаев Д. А., Гололобова М. А. 2019. Диатомовые водоросли торфяного отложения острова Карлайл (Алеутские острова). Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием "Динамика экосистем в голоцене", Москва, 2019.

S u m m a r y.

The results of diatom analysis allow to reconstruct the history of small water body existed in the period from 8,700 to 4,100 years ago on Adak Island. Analysis of the peat deposit material revealed 89 taxa of diatoms. An analysis of the layer-by-layer distribution of taxa in the peat material made it possible to conclude that at the beginning of its existence, the water body was shallow, oligotrophic, with acidified waters and the development of planktonic forms, then it was covered with volcanic ash, became shallow, and began to overgrow. In general, the history of the development of the reservoir on the Adak Island repeats the history of a water body on the neighboring Carlisle Island, also subjected to the consequences of volcanic activity in the region.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА ШИРА (РЕСПУБЛИКА ХАКАССИЯ) НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СУБФОССИЛЬНЫХ CLADOCERA

Н.М. Нигматуллин¹, Г.Р. Нигаматзянова¹, Э.А. Валиева¹, Д.К. Нургалиев¹,
Л.А. Фролова¹

¹*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань
NiMNigmatullin@kpfu.ru*

PALEOLIMNOLOGICAL STUDIES OF THE MEROMICTIC LAKE SHIRA (KHAKASSIA REPUBLIC) BASED ON THE ANALYSIS OF SUBFOSSIL CLADOCERA

N.M. Nigmatullin¹, G.R. Nigmatzyanova¹, E.A. Valieva¹, D.K. Nurgaliev¹,
L.A. Frolova¹

¹*Kazan (Volga region) Federal University, Kazan*

Аннотация.

В этой работе представлены результаты исследования субфоссильных остатков Cladocera в колонке донных отложений длиной 5.3 м отобранного в 2020 году из глубоководного меромиктического озера Шира, расположенного в Восточной Сибири (республика Хакасия). Колонка охватывает период озерного осадконакопления примерно ~ 10360 лет. Сообщества исследованных микрофаунообразных оказались крайне бедными. Основная доля обнаруженных остатков приходится на *Ceriodaphnia* sp. Наибольшая численность рачков зарегистрирована в горизонте, соответствующий образцам № 688-648.

Ключевые слова: Восточная Сибирь, меромиктическое озеро, палеолимнология, субфоссильные остатки Cladocera.

Точное понимание истории климата Земли за последние две тысячи лет имеет решающее значение для того, чтобы поместить современные изменения в контекст естественной изменчивости климата, поэтому изучение природных архивов, в частности донных отложений озер, важны для понимания климатических изменений голоцена и их причин [1].

Исследуемое озеро Ши́ра (N 54°31'18.2", E 90°10'43.7") расположено в Восточной Сибири, в степной зоне северной части Минусинской долины (Республика Хакасия). Озеро представляет собой меромиктическое соленое озеро с площадью поверхности 35,9 км² и максимальной глубиной 24 м. Меромиктические озера - это озера, в которых глубокая рециркуляция не охватывает весь водоем. Трофический статус озера Ши́ра оценивается как мезотрофный [2, 3].

В целях реконструкции экологических условий водоема в голоцене была исследована колонка донных отложений длиной 5.3 м отобранная из центра озера в ходе летней экспедиции в 2020 г. Был проведен анализ субфоссильных остатков *Cladocera*. Этот индикатор состояния окружающей среды все чаще используется исследователями в плеолимнологии. Будучи одной из основных групп зоопланктона, ветвистоусые ракообразные выполняют важную функцию в трофических цепях пресноводных водоемов и чувствительны к изменениям климата и условий окружающей среды.

Пробы для анализа готовились по стандартной методике разработанной А. Korhola и М. Rautio [4]. Приготовленные образцы были просмотрены под световым микроскопом Axio lab. A1 при увеличении x100-400 раз. Каждый обнаруженный остаток идентифицировался до вида или рода с помощью специализированных определителей [5, 6]. Образцы были датированы методом радиоуглеродного анализа (¹⁴C) в Национальном университете Тайваня. Исследованная колонка донных отложений охватывает период осадконакопления около ~10360 лет.

В общей сложности мы проанализировали 59 образцов из колонки донных отложений. Сообщества субфоссильных *Cladocera* озера Ши́ра характеризуются как крайне бедные. Во многих образцах остатки кладоцер не были обнаружены вовсе или были встречены в единичных экземплярах, недостаточных для статистического анализа. Было идентифицировано 8 таксонов ветвистоусых ракообразных, среди которых наиболее

многочисленным и распространенным была *Ceriodaphnia* sp., чьи покоящиеся яйца (эфиппии) достигали относительно высоких концентраций в некоторых образцах. Такой бедный видовой состав и низкая численность объясняется высоким уровнем солености воды, так как Cladocera преимущественно пресноводные организмы и лишь несколько видов являются морскими. Концентрация растворенной соли в миксолимнионе озера колеблется с глубиной от 11,5 до 14,5 г/л, снижаясь до 9,5 г/л вблизи поверхности после таяния льда в мае [2]. Согласно последним исследованиям доминирующими организмами в озере являются криптофитовые водоросли и активно их поедающая копепода - *Arctodiaptomus salinus* [2, 7]

На протяжении всей исследованной колонки из озера Шира можно выделить несколько периодов, где наблюдаются относительно высокие пики численности. Предположительно в эти периоды происходило снижение солености в озере. В промежутке, включающий в себя образцы № 688-648 было обнаружено наибольшее количество остатков субфоссильных Cladocera, ниже которого остатков не зафиксировано. Самый высокий пик численности этого промежутка и всей колонки приходится на образец № 659. Предположительно в этот период происходило опреснение водоема и подъем уровня воды. Число обнаруженных экземпляров в образцах варьировал от 3 до 90. Почти все эти остатки являются эфиппиями *Ceriodaphnia* sp. Некоторые представители данного рода способны переносить высокую соленость (например, *Ceriodaphnia laticaudata* до 30 ‰) и высокую кислотность (например, *Ceriodaphnia quadrangula* до pH = 3.9).

Промежуток озерного осадка, соответствующий образцам № 639-627 по-прежнему характеризуется доминированием *Ceriodaphnia* sp. в сообществе кладоцер, наибольшая ее концентрация приходится на образец № 633. Выше данного периода количество субфоссильных остатков резко сокращается, в некоторых образцах они вовсе не фиксируются. Следующий период высокого накопления остатков Cladocera приходится на образцы № 558-527, который характеризуется доминированием видов группы *Daphnia longispina* gr., при полном исчезновении из данного горизонта *Ceriodaphnia* sp. Возможно, такая резкая смена доминантов произошла из-за изменения гидрохимических параметров водоема на тот период. И последний небольшой пик численности наблюдается в образце № 517, где вновь доминирует *Ceriodaphnia* sp.

По полученным результатам анализа субфоссильных Cladocera, мы можем сказать, что история развития озера Шира была неравномерной и сопровождалась некоторыми колебаниями уровня воды и его химического состава. Горизонты, где наблюдаются остатки кладоцер, вероятно приходятся на периоды более высокой воды и некоторого его опреснения.

Полевые работы и датировки образцов выполнены в рамках исследований по проекту РНФ № 20-17-00135. Обработка полевого материала и анализ субфоссильных Cladocera проведен за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету по государственному заданию №671-2020-0049 в сфере научной деятельности, и Программы Стратегического академического лидерства Казанского федерального университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hildebrandt S., Müller S., Kalugin I.A., Dar'in A.V., Wagner M., Rogozin D.Y., Tarasov P.E. Tracing the North Atlantic decadal-scale climate variability in a late Holocene pollen record from southern Siberia // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2015. V. 426. P. 75-84.
2. Бархатов Ю.В., Зыков В.В., Хромечек Е.Б., Прокопкин И.Г., Рогозин Д.Ю. Каротиноид аллоксантин как индикатор трофической связи зоопланктона с криптофитовыми водорослями в озере Шира // *Журнал сибирского федерального университета. Биология*. 2021. Т. 14(2). С. 154–167.
3. Rogozin D.Y., Tarnovsky M.O., Belolipetskii V.M., Zikov V.V., Zadereev E.S., Tolomeev A.P., Drobotov A.V., Barkhatov Y.V., Gaevsky N.A., Gorbaneva T.B., Kolmakova A.A., Degermendzhi A.G. Disturbance of meromixis in saline Lake Shira (Siberia, Russia): Possible reasons and ecosystem response // *Limnologica*, 2017. V. 66. P. 12-23.
4. Korhola A., Rautio M. Cladocera and other branchiopod crustaceans // *Tracking environmental change using lake sediments*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. V. 4: Zoological indicators. P. 125-165.
5. Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe // *Friends of the Lower Vistula Society*, 2007. 84 p.
6. Котов А.А. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод европейской России. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) // Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 126 с.
7. Barkhatov Y.V., Khromechek E.B., Zikov V.V., Rogozin D.Y. Cryptophytes of Lake Shira (Khakassia, Russia): explosive growth during breakdown of meromixis // *Hydrobiologia*, 2022. V. 849. P. 3373–3387.

S u m m a r y.

This paper presents the results of a study of subfossil Cladocera in a 5.3 m long sediment core sampled in 2020 from the deep-water meromictic Lake Shira, located in Eastern Siberia (Republic of Khakassia). The core covers approximately 10360-year period of lake sedimentation. The communities of the studied microcrustaceans turned out to be extremely poor. The main part of the discovered fossil remains is presented by *Ceriodaphnia* sp. The greatest number of crustaceans was founded in the horizon, which covers the samples № 688-648.

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ОСАДКА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОУСЛОВИЙ

Е.А. Овсепян¹, М.А. Зенина¹, Я.С. Овсепян^{1,2}

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, eovsepyan@ocean.ru, maria_zenina@mail.ru*

²*Геологический институт РАН, г. Москва, yaovsepyan@yandex.ru*

RECENT BENTHIC FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES IN SURFACE SEDIMENTS FROM THE WESTERN PART OF THE EAST SIBERIAN SEA AS INDICATORS OF PALEOENVIRONMENT

E.A. Ovsepyan¹, M.A. Zenina¹, Ya.S. Ovsepyan^{1,2}

¹*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow*

²*Geological Institute RAS, Moscow*

Аннотация.

Бентосные фораминиферы являются важнейшими источниками информации об океанологических условиях Мирового океана в прошлом, поэтому знание современных условий обитания этих микроорганизмов необходимо для надежных реконструкций палеообстановок. В данной работе обсуждаются результаты изучения комплексов бентосных фораминифер в поверхностном слое осадка западной части Восточно-Сибирского моря. Пробы были окрашены бенгальским розовым для отделения «живых» особей от мертвых. Показано, что ассоциации фораминифер в районе исследования представлены в основном «живыми» секретионно-известковыми бентосными фораминиферами. Выявлены закономерности распределения массовых видов в зависимости от параметров среды и удаленности от устья реки.

Ключевые слова: Арктика, площадное распространение, бенгальский розовый, температура, соленость, растворение, речной сток.

В настоящее время пристальное внимание к Арктическому региону обусловлено стремительным потеплением и сокращением ледового покрова, которые оказывают существенное влияние на биоту. Кроме того, Арктика играет важную роль в глобальном изменении климата, и понимание объема его вклада в настоящем и прошлом повышает надежность прогнозов будущих климатических изменений. Бентосные фораминиферы - важнейший источник информации об океанологической истории прошлого, поэтому знание современных условий обитания этих микроорганизмов необходимо для надежных реконструкций палеообстановок. Восточно-Сибирское море является одним из наименее изученных морей Российской Арктики в силу своей удаленности и труднодоступности, связанной с ледовым режимом. Для этого региона данные о распределении донной фауны, а также о современных условиях морской среды в целом, весьма отрывочны. Данная работа направлена на изучение площадного распространения современных видов бентосных

фораминифер в западной части Восточно-Сибирского моря в зависимости от параметров окружающей среды.

Материал для данного исследования был получен в научно-исследовательском рейсе НИС «Иван Киреев» в 2004 году (рис. 1). Пробы поверхностных донных осадков были отобраны драгой, а затем промыты на борту судна через сито 0.1 мм. Промытые части проб фиксировались 96 %-ным спиртом и хранились в коллекции музея Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН.

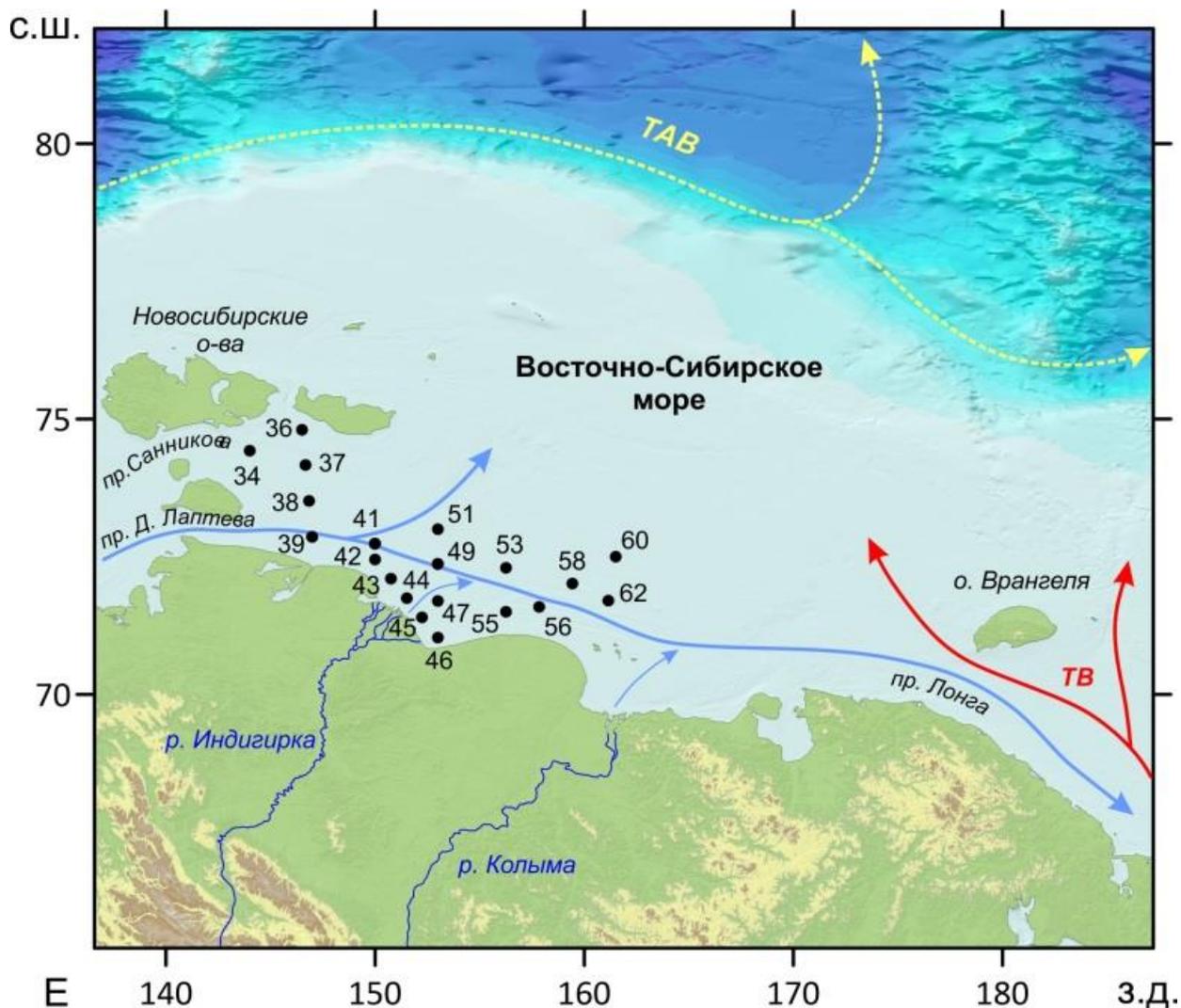


Рис. 1. Положение станций. ТАВ – трансформированные атлантические воды, ТВ – тихоокеанские воды.

Перед исследованием образцы были снова промыты через сито 0.1 мм, а затем зафиксированы раствором бенгальского розового из расчета 1 г красителя на 1 л 96 %-го спирта для выявления «живых» на момент отбора грунта особей. После двух недель окрашивания пробы снова промывались и изучались во влажном виде под стереомикроскопом. В каждой пробе в сумме

подсчитывалось 250-300 экземпляров бентосных фораминифер, где это возможно. Окрашенные и неокрашенные экземпляры считались отдельно. Необходимо отметить важный недостаток методики, заключающийся в том, что из-за длительности процесса разложения мягкого тела животного вместе с живыми экземплярами неизбежно окрашиваются и недавно погибшие особи (например, [1]).

Анализ проб показал, что комплексы бентосных фораминифер практически во всех пробах состоят на 80-90% из окрашенных экземпляров. Исключением является ст. 34, где «живые» особи составляют чуть больше половины всех видов, найденных в пробе. Такое ярко выраженное доминирование окрашенных фораминифер связано, вероятно, с агрессивной средой слоя придонных вод Восточно-Сибирского моря, способствующей быстрому растворению кальцитовых раковин после гибели организма.

Бентосные фораминиферы с секреторно-известковой раковиной преобладают над экземплярами с агглютинированной стенкой в большинстве исследованных образцов. Содержание секреторно-известковых организмов в осадке колеблется в пределах 80-99% от общего числа фораминифер в комплексе в зонах влияния р. Индигирки, а то время как их доля уменьшается до 17-20% по мере удаления от берега.

К видам, выявленным практически во всех пробах, относятся *Elphidium clavatum*, *E. incertum*, *Haynesina orbiculare*, *Elphidiella groenlandica*, представители семейства *Polymorphinidae*, которые являются типичными для шельфовых морей Арктики [1, 2]. *E. clavatum* доминируют во всех изученных сообществах, кроме ст. 34-37. *E. incertum* и *H. orbiculare* демонстрируют повышенные процентные содержания в области влияния опресненного прибрежного течения, следующего с запада на восток. Максимальная доля *E. groenlandica* установлена в пробах, отобранных вблизи устья р. Индигирки.

В небольшом количестве в осадках встречены секреторно-известковые *E. asklundi*, *Buccella frigida*, *Cyclogyra involvens*, *E. bartletti*, *E. granatum*, *Quinqueloculina* spp., а также агглютинированные *Lagenammia atlantica*, *Reophax* spp., *Psammosphaera fusca*, *Trochammia* spp. Неожиданно высокая (42%) доля вида *Gordiospira arctica* установлена в наиболее удаленном от берега районе (ст. 60), где низкая температура и высокая соленость вблизи дна

сочетается с пониженным содержанием терригенного органического вещества [3].

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант РФФ № 22-27-00566).

ЛИТЕРАТУРА

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. Polyak L., Korsun S., Febo L.A., Stanovoy V., Khusid T., Hald M., Paulsen B.E., Lubinski D.J. Benthic foraminiferal assemblages from the southern Kara Sea, a river-influenced Arctic marine environment // *Journal of Foraminiferal Research*. 2002. V. 32. No. 3. P. 252-273.
3. Ветров А.А., Семилетов И.П., Дударев О.В., Пересыпкин В.И., Чаркин А.Н. Исследование состава и генезиса органического вещества донных осадков Восточно-Сибирского моря // *Геохимия*. 2008. № 2. С. 183-195.

S u m m a r y.

Benthic foraminifers play a key role in paleoceanographic studies, thus, detailed knowledge of their ecology is necessary for reliable reconstruction. In this study, the distribution of Rose Bengal stained benthic foraminifers was investigated in the surface sediments from the western East Siberian Sea. The majority of specimens are represented by stained calcareous shells which indicated strong corrosiveness of the waters near the sea floor. Meanwhile, the distribution of the main species was studied in relation to environmental conditions including the distance from the Indigirka river mouth.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ И МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Я.С. Овсепян^{1,2}, Е.А. Овсепян¹, Н.О. Гречихина¹, Е.Е. Талденкова³, Я.К. Джин⁴

¹Геологический Институт РАН, г. Москва, yaovsepyan@yandex.ru

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

⁴Корейский полярный научно-исследовательский институт, г. Инчхон, Республика Корея

DISTRIBUTION OF BENTHIC FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES ON THE EAST SIBERIAN AND THE LAPTEV SEA SHELF

Ya.S. Ovsepyan^{1,2}, E.A. Ovsepyan², N.O. Grechikhina¹, E.E. Taldenkova³, Y.K. Jin⁴

¹Geological Institute RAS, Moscow

²Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

³Lomonosov Moscow State University, Moscow

⁴Korea Polar Research Institute, Incheon, Korea

Аннотация.

Новые данные по распределению бентосных фораминифер в мультикорерах из восточной части Восточно-Сибирского моря сравниваются с результатами предыдущих исследований по морю Лаптевых. Прокрашивание проб бенгальским розовым показало обилие «живых» раковин зарывающихся фораминифер в верхних 8 см донных осадков.

Комплексы фораминифер двух морей в целом схожи, однако в глубоководной области Восточно-Сибирского моря наблюдается свой уникальный набор видов.

Ключевые слова: Арктика, микрофауна, мультикорер, вертикальное распределение, экология, бенгальский розовый

Изучение микрофауны из донных осадков арктических морей позволяет получить новые данные по экологии организмов для того, чтобы улучшить точность реконструкций палеосреды для голоценовых и позднеплейстоценовых отложений севера Евразии. В работе сравнивается распределение бентосных фораминифер в одних из наиболее удаленных регионах Арктики: Восточно-Сибирском море и море Лаптевых.

Распределение комплексов фораминифер в море Лаптевых было изучено ранее на материале из российско-германских экспедиций TRANSDRIFT (1993-2009 гг.) [1]. Определение видов и подсчет численности проводились для фракции > 63 мкм в 42 образцах, представляющих собой верхние 2 см донного грунта с шельфа и континентального склона моря Лаптевых (глубины от 20 до 270 м). Часть проб была прокрашена спиртовым раствором бенгальского розового по методике FOBIMO [2]. С помощью нее можно разделить комплекс на «живых» фораминифер, чья цитоплазма в момент отбора была прокрашена и раковина имеет розовый цвет, и «мертвых» – белого цвета.

Микрофауна из Восточно-Сибирского моря наименее изучена в связи со сложной ледовой обстановкой в регионе. В 2019 году в ходе корейско-российской экспедиции AMAGE, в рейсе НИС «Араон» [3] было получено семь коротких трубок голоценовых морских осадков с помощью мультикорера. Работы проводились в нейтральных водах на восточном шельфе в интервале глубин от 65 до 123 м; два мультикорера были отобраны на континентальном склоне на глубинах 370 и 1351 м. Мини-колонки длиной 8 см делились на образцы мощностью 1 или 2 см, которые прокрашивались бенгальским розовым по методике FOBIMO [2]. Такой подход позволяет изучить вертикальное распределение «живых» фораминифер в верхней толще осадка и сравнить экологию инфаунных и эпифаунных видов. Фораминиферы изучались во фракции >63 мкм.

Для моря Лаптевых по аналогии с Карским морем [4] выделены экологические группы секреторно-известковых бентосных фораминифер,

которые связаны с изменением интенсивности речного влияния в различных зонах шельфа. Виды группы «river-proximal», обитают в районах мелководного внутреннего шельфа с сильным речным влиянием, с глубинами менее 40 м (*Elphidium incertum*, *Haynesina orbiculare*, *Buccella frigida*, *E. bartletti*, *Elphidiella groenlandica*, *Polymorphina* spp., *Guttulina* spp.). К зоне среднего шельфа с глубинами 40-60 м, с незначительным влиянием рек, относится группа «river-intermediate» (*Pyrgo williamsoni*, *Nonion labradoricum*, *E. subarcticum*, *Stainforthia loeblichii*, *Quinqueloculina* spp.), к зоне внешнего шельфа и континентального склона с глубинами более 60 м наиболее распространены виды группы «river-distal» (*Melonis barleeanus*, *Astrononion gallowayi*, *Cibicides lobatulus*, *Islandiella norcrossi*, *S. feylingi*) [1].

Материал из Восточно-Сибирского моря позволяет проследить комплексы фораминифер по трансекте от зоны среднего шельфа до континентального склона, на его примере можно заключить, что для этого региона правомерно выделять такие же экологические группы, что и для морей Лаптевых и Карского, с некоторыми изменениями.

Прокрашивание проб показало, что в поверхностном слое 0-2 см в обоих морях преобладают раковины «живых» фораминифер, их доля может достигать до 90%. Это свидетельствует об активном растворении секреторно-известковых раковин после смерти организмов. На материале из Восточно-Сибирского моря можно даже наблюдать коррозию у множества окрашенных раковин видов *E. clavatum* и *E. groenlandica*. Находки последнего встречаются только в приповерхностном слое мультикореров с шельфа, из чего можно сделать вывод о том, что вид *E. groenlandica* относится к эпифауне и может использоваться в дальнейшем для изотопных исследований.

Для Восточно-Сибирского моря наглядно прослеживается доминирование фораминифер из группы «river-intermediate» и постоянное присутствие видов группы «river-proximal» в мультикорерах с шельфа. При этом все виды с секреторно-известковой стенкой, за исключением *E. groenlandica*, встречены в покрашенном виде по всей восьмисантиметровой толще мини-разрезов, из чего можно сделать вывод об их зарывающемся образе жизни. Особенность комплекса микрофауны восточной части Восточно-Сибирского моря заключается в том, что раковины одного из

самых многочисленных оппортунистических видов моря Лаптевых *Cassidulina reniforme*, представлены в мультикорерах единичными экземплярами или отсутствуют. Также в Восточно-Сибирском море заметно ниже доля другого оппортунистического вида *Elphidium clavatum*, массово встречающегося по всей акватории моря Лаптевых.

Для мультикорера с глубины 1351 м континентального склона Восточно-Сибирского моря видовой состав представлен типично морскими глубоководными видами, *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Oridorsalis tener*, *Ioanella tumidula*, *Cassidulina neoteretis*, совсем не встречающимися в море Лаптевых в поверхностных образцах. Возможно, это связано с сильным различием океанологических условий в восточной части Восточно-Сибирского моря, которая подвержена влиянию вод тихоокеанского происхождения. Новые данные по глубине зарывания бентосных фораминифер и их площадного распределения в соответствии с параметрами среды помогут усовершенствовать палеорекострукции в будущих исследованиях колонок голоценовых осадков шельфа и континентального склона Восточно-Сибирского моря.

Исследование проведено по проекту РНФ № 22-27-00566.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсепян Я.С. Позднечетвертичные фораминиферы моря Лаптевых и реконструкции изменения среды на основе палеоэкологического анализа. Дисс. на соиск. уч. степ. к.г.-м.н. М.: 2016. 240 с.
2. Schönfeld J., Alve E., Geslin E., Jorissen F., Korsun S., Spezzaferri S. The FOBIMO (FOraminiferal BIO-MONitoring) initiative—Towards a standardized protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies // Marine Micropaleontology. 2012. V. 94–95, P. 1–13.
3. Y. K. Jin and Shipboard Scientific Party. ARA10C Cruise Report: Korea- Russia East Siberian/Chukchi Sea Research Program. Korea Polar Research Institute. 2020. 161 p.
4. Polyak L., Korsun S., Febo L., Stanovoy V., Khusid T., Hald M., Paulsen B.E., Lubinski D.A. Benthic foraminiferal assemblages from the southern Kara Sea, a river-influenced Arctic marine environment // Journal of Foraminiferal Research. 2002. V. 32 (3). P. 252–273.

S u m m a r y.

New data on the benthic foraminiferal distribution in multicores from the eastern part of the East Siberian Sea are compared with the previous studies in the Laptev Sea. Rose Bengal stained samples show a dominance of “living” infaunal foraminifers in the upper 8 cm of bottom sediments. The foraminiferal assemblages of two seas are similar, however, in the deep water area of the East Siberian Sea, we identified a new own composition of species.

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В РАЙОНЕ РАЗЛОМА ЧАРЛИ-ГИББС В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ–ГОЛОЦЕНЕ

Е.П. Пономаренко¹, Л.Д. Баширова^{1,2}, Т.Л. Пугачёва^{1,2}

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва,
ponomarenko.katharina@gmail.com*

²*БФУ им. И. Канта, г. Калининград*

Sedimentation in the Charlie-Gibbs Fracture Zone during the Late Pleistocene to Holocene

E.P. Ponomarenko¹, L.D. Bashirova^{1,2}, T.L. Pugacheva^{1,2}

¹*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow*

²*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad*

Аннотация.

По данным комплексного исследования материала двух седиментационных колонок выявлено, что осадконакопление в районе трансформного разлома Чарли-Гиббс во время позднего плейстоцена проходило под влиянием поступления терригенного материала в результате ледового разноса. В голоцене донные отложения накапливались преимущественно под воздействием контурных придонных течений, а также в результате пелагической седиментации.

Ключевые слова: контуристы, придонная циркуляция, дрейф Гардар, планктонные фораминиферы, ледовый разнос.

Трансформный разлом Чарли-Гиббс — природный коридор, в котором осуществляется глубинный водообмен между бассейнами восточной и западной частей Северной Атлантики [1]. Разлом разделен срединным хребтом на северную и южную долины (каналы), накопление осадков в которых обусловлено пелагической седиментацией, а также придонными контурными течениями [1]. Осадки, сформированные придонными контурными течениями, называются контуристами и представляют материал для высокоразрешающих палеорекопструкций. Однако данные о придонной палеоциркуляции и особенностях осадконакопления в районе трансформного разлома достаточно редки и противоречивы [2, 3]. Работа направлена на реконструкцию условий осадконакопления в районе разлома Чарли-Гиббс по данным комплексного изучения седиментационных колонок.

Донные отложения были получены в 53 рейсе ПС «Академик Сергей Вавилов» (2021 г.) с помощью ударной геологической трубы на двух станциях (рис. 1). Колонка АСВ-53-К1 (465 см) отобрана на вершине канального контуристового дрейфа, расположенного в северном канале разлома Чарли-Гиббс на глубине 3851 м. Колонка АСВ-53-К2 (520 см) отобрана на южной оконечности контуристового дрейфа Гардар на глубине 3138 м. Было выполнено литологическое описание полученных осадков, после чего из колонок были

отобраны пробы (8 см^3) с шагом в 40 см для изучения под микроскопом: оценка степени растворения карбонатных раковин (КР) фораминифер, подсчет зёрен ледового разноса (ice-rafted debris — IRD) и осколков вулканического стекла. Отдельно было определено содержание полярного вида планктонных фораминифер *Neogloboquadrina pachyderma*, маркирующего холодные интервалы. Также в осадках колонок определено содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) и карбоната кальция.

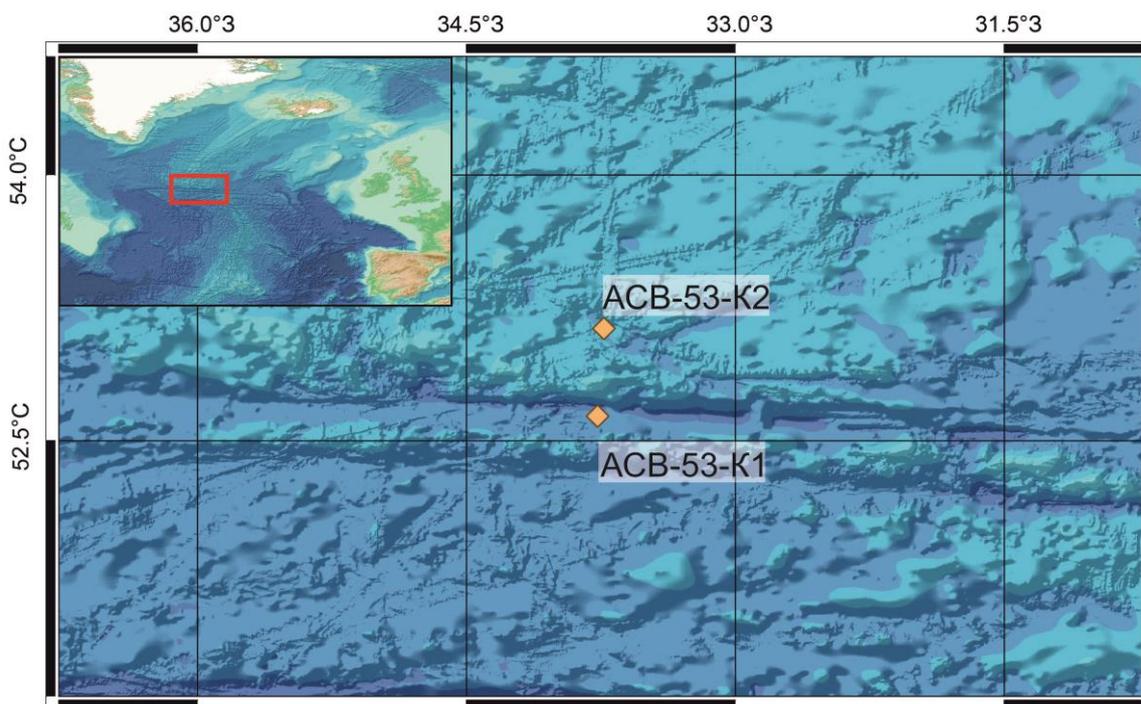


Рис. 1. Местоположение станций отбора колонок.

Донные отложения колонки ACB-53-K1 характеризуются уменьшением плотности, а также размерности частиц вверх по разрезу: от песчаных до алевритовых глин серого и коричневого цветов. Текстура осадков по всей длине разреза – биотурбированная (пятнистая), исключая интервал слоистых осадков на глубине 358–376 см. Сохранность КР в изученных осадках была относительно хорошей. Повышенное содержание *N. pachyderma*, а также IRD и вулканического песка наблюдается только в нижней части колонки (280–465 см), за исключением горизонта 360–361 см, где *N. pachyderma* и IRD практически отсутствуют. В интервале 370–430 см обнаружены включения гравия (рис. 2). По всей длине разреза отмечено повышенное содержание $C_{\text{орг}}$ и

карбоната кальция за исключением интервала 280-380 см, в котором наблюдались низкие значения.

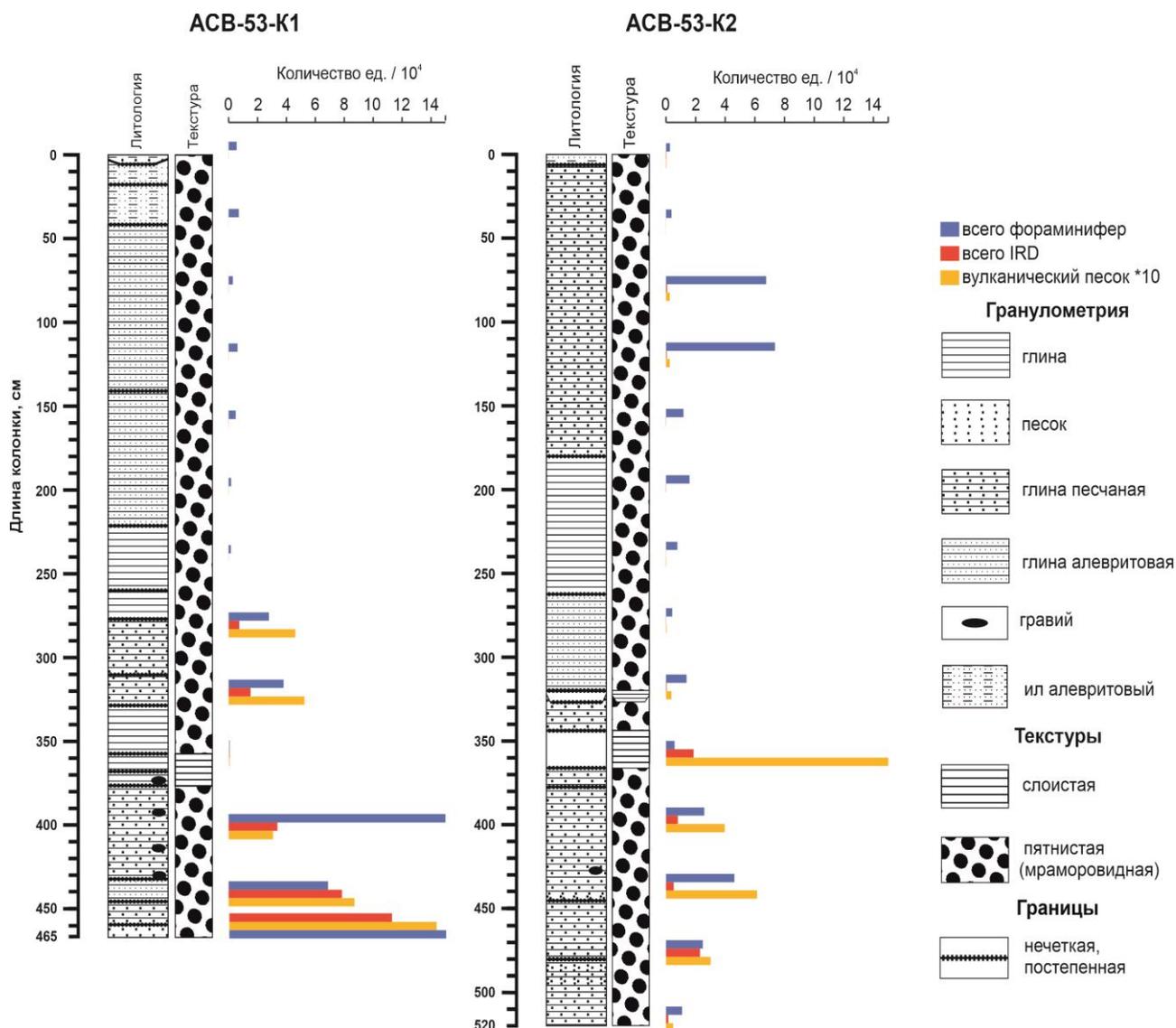


Рисунок 2. Литологические характеристики колонок АСВ-53-K1 и АСВ-53-K2, а также содержание фораминифер, IRD и вулканического песка в осадках.

Колонка АСВ-53-K2 представлена биотурбированными алевритовыми и песчаными глинами серого и оливкового цветов, уплотняющимися вниз по разрезу. Осадки колонки характеризуются хорошей сохранностью КР. Отложения в интервале 320–366 см сложены микрослоистыми диатомовыми илами и плохо сортированным материалом с включением органических останков (чешуя, кости рыб). В нижележащем слое значительно увеличиваются концентрации вулканического стекла (рис. 2). Содержания *N. pachyderma* и IRD по всей длине керна низкие за исключением интервалов 350–480 и 80–120 см, в

которых значения данных показателей повышаются. Содержание $C_{\text{орг}}$ и карбоната кальция было понижено в интервале 350–510 см.

Таким образом, можно заключить, что нижние интервалы колонок, обогащенные раковинами *N. pachyderma* и IRD, а также характеризующиеся низким содержанием $C_{\text{орг}}$ и карбоната кальция, вероятно, были накоплены во время холодного интервала позднего плейстоцена под влиянием ледового разноса, а также региональной пелагической седиментации. Вышележащий интервал диатомовых илов в колонке АСВ-53-К2 отражает повышение первичной продукции ввиду близости субарктического фронта во время перехода от позднего плейстоцена к голоцену. Верхние интервалы колонок, вероятно, представлены осадками, накопленными в голоцене под влиянием активного контурного течения Северо-восточной глубинной воды, а также региональной пелагической седиментации.

Экспедиционные исследования проведены в рамках государственного задания ИО РАН (тема №FMWE-2021-0012). Определение содержания органического углерода и карбоната кальция в осадках, а также микропалеонтологический анализ выполнены за счет гранта РФФ №22-17-00170.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shor A., Lonsdale P., Hollister C.D., Spencer D. Charlie-Gibbs fracture zone: bottom-water transport and its geological effects // Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers. 1980. V. 27 (5). P. 325–345.
2. Faugeres J.C., Gonthier E., Poutiers J. Facies and sediment dynamics in Charlie-Gibbs fracture zone during the Late Quaternary // Marine Geology. 1983. V.52 (1-2). P. 101-119.
3. Баширова Л.Д. Дорохова Е.В., Сивков В.В., Андерсен Н., Кулешова Л.А., Матуль А.Г. Палеотечения в районе разлома Чарли-Гиббс в позднечетвертичное время // Океанология. 2017. Т. 57. №. 3. С. 491-502.

S u m m a r y.

Based on a complex study of two sedimentation cores, sedimentation in the area of the Charlie-Gibbs Fracture Zone during the Late Pleistocene was influenced by the influx of terrigenous material as a result of ice rafting. During the Holocene, bottom sediments accumulated mainly under the influence of near-bottom contour currents and pelagic sedimentation.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ЛЬДА ТОРФЯНЫХ БУГРОВ ПУЧЕНИЯ И ФОРМИРУЮЩИХ ЕГО ВОД ЭКОТОНА ЛЕСОТУНДРЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

А.С. Прокушкин^{1,2}, Д.А. Полосухина^{1,2}, М.П. Прокушкина², С.И. Сериков³,
Д.А. Куприянов⁴, Е.Ю. Новенко⁴

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск, *prokushkin@ksc.krasn.ru*

²Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, *prokushkina@gmail.com*

⁴Игарская геокриологическая лаборатория, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Игарка, *gramrus@mpi.usn.ru*

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, *lenanov@mail.ru*

ISOTOPE COMPOSITION OF PALSIA ICE CORE AND ITS WATER SOURCES IN THE FOREST-TUNDRA ECOTONE OF CENTRAL SIBERIA

A.S. Prokushkin^{1,2}, D.A. Polosukhina^{1,2}, M.P. Prokushkina², S.I. Serikov³,
D.A. Kupriyanov⁴, E.Yu. Novenko⁴

¹*V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk*

²*Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

³*Igarka Geocryology laboratory, P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Igarka*

⁴*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Аннотация.

Многолетнемерзлые торфяные бугры (palsa) имеют широкое распространение в криолитозоне северного полушария. В работе приведен анализ изотопного состава воды ($\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$) льда по всему профилю глубины торфяных бугров пучения в районе г. Игарка и ключевых источников его формирования: атмосферных, поверхностных, почвенных и грунтовых вод. Выявлено, что формирование ледяного ядра происходило в условиях закрытой системы со значительной вариацией в отдельные периоды развития торфяной залежи.

Ключевые слова: криолитозона, торфяные бугры пучения (пальза), миграционно-сегрегационные льды, атмосферные воды, поверхностные и грунтовые воды, изотопный состав воды

Многолетнемерзлые торфяные бугры (palsa) имеют широкое распространение в криолитозоне Евразии и Северной Америки [1-6]. Их ледяное ядро, образованное шлировыми льдами и тонкими линзами сегрегированного льда, развивается при миграции почвенной влаги из окружающего бугор болота и/или инфильтрации атмосферных осадков к фронту промерзания [4, 5]. Торфяную залежь пальзы можно рассматривать как архив данных, отражающих природные условия времени их формирования [4, 6].

Исследования проводились в районе г. Игарка на базе Игарской геокриологической лаборатории Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. Объектом исследования являлся бугор пучения в

бассейне р. Гравийка («Гравийка-1», 67°31'54" с.ш., 86°38'06" в.д.), формирование ядра которого определялось процессом сегрегационного льдообразования. КERN торфяной залежи был получен колонковым способом бурения в зимний период. Интервал отбора проб составлял 1-2,5 см, с увеличением шага отбора до 5 см в более сухих слоях торфа. Талая вода из торфа отбиралась без пузырей воздуха. Анализ источников формирования льда торфяных бугров пучения района исследований был основан на регулярном опробывании атмосферных осадков (2015-2022 гг.), как исходного источника водного питания болот, озер и водотоков. В ходе маршрутных работ были также отобраны образцы поверхностных вод (озерковые комплексы в пределах болотных массивов (n = 7), крупные озера (n = 8), водотоки разных порядков (n = 3)) и поровые болотные воды мочажин на глубинах 0, 20, 50, 100 см (19 участков) и грунтовые воды (родниковые воды и геологические скважины).

Измерения состава стабильных изотопов кислорода и водорода в пробах осуществлялись на лазерном спектрометре Picarro L-2120-I (метод CRDS). Для калибровки измерений использовались международные стандарты МАГАТЭ: V-SMOW-2, GRESP и SLAP-2; погрешность определений составляла менее 1,0 ‰ для $\delta^2\text{H}$ и 0,2 ‰ для $\delta^{18}\text{O}$.

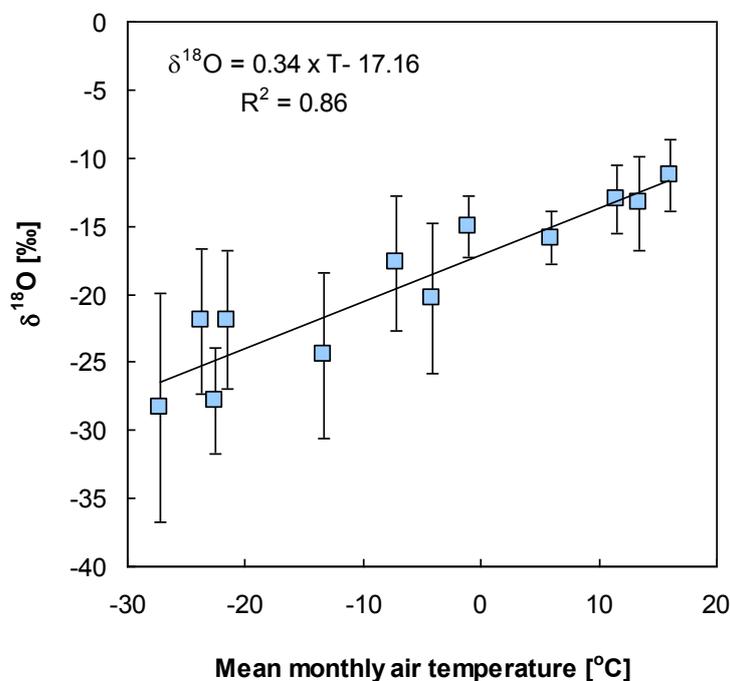


Рис. 1. Зависимость среднемесячных значений $\delta^{18}\text{O}$ (\pm SD) воды атмосферных осадков от среднемесячной температуры воздуха для г. Игарка.

Усредненные за месяц значения $\delta^{18}\text{O}$ в атмосферных водах варьировали от -28,34 ‰ в январе до -11,28 ‰ в июле. Локальная линия метеорных вод (LMWL), полученная на основе среднемесячных значений ($\delta^2\text{H} = 7,80 \times \delta^{18}\text{O} + 5,11$) несколько отлична от ранее приведенной в работе [7]. Рост значений $\delta^{18}\text{O}$ в теплый период года определяется тесной связью с температурой воздуха (Рис. 1). Средневзвешенное годовое значение $\delta^{18}\text{O}$ составило -18,83 ‰, $\delta^2\text{H}$ – -142,0 ‰ и d excess – +8,6 ‰.

Смещение изотопного состава вод озерковых комплексов и озер относительно локальной линии метеорных вод в результате испарения с их поверхности продемонстрировано зависимостями значений $\delta^2\text{H}$ от соответствующих величин $\delta^{18}\text{O}$ (локальная линия испарения, LEL)(Рис. 2а). Наибольшие уровни испарения согласно величине наклона линии регрессии (менее 2) характерны озерам. Воды озерковых комплексов и почвенных вод (Рис. 2б) в болотных массивах лежат в верхних пределах LMWL, что свидетельствует о значительной роли дождевых осадков в их питании в течение теплого периода. Воды озерковых комплексов в пределах болотных массивов и крупных озер характеризуются наиболее тяжелым изотопным составом по сравнению с водотоками и грунтовыми водами.

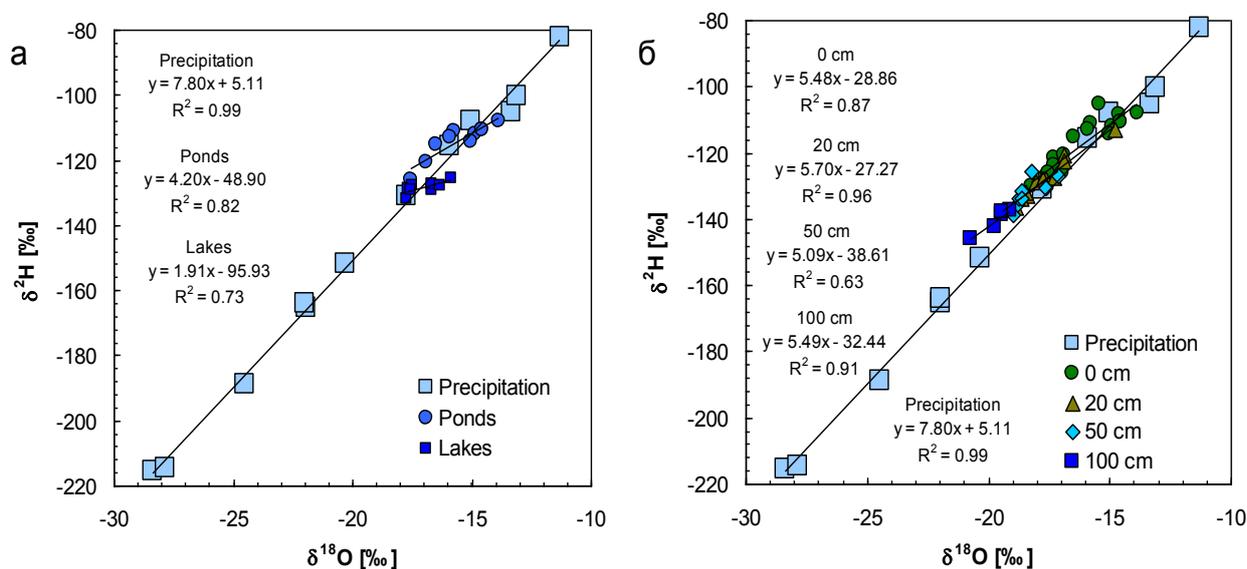


Рис. 2. Зависимости значений $\delta^2\text{H}$ от соответствующих величин $\delta^{18}\text{O}$ в водах озерковых комплексов в пределах болотных массивов и крупных озер (а) и почвенных водах разных глубин торфяных залежей (0, 20, 50 и 100 см) (б).

В образцах льда бугра пучения в бассейне р. Гравийка, отобранных по профилю торфяной залежи до глубины 744 см, значения $\delta^{18}\text{O}$ варьировали от $-18,97$ до $-15,10$ ‰ (медианное значение $-17,62$ ‰) (рис. 3 а), $\delta^2\text{H}$ – в пределах от $-140,52$ до $-104,99$ ‰ (медианное значение $-130,51$ ‰) (рис. 3 б), дейтериевый эксцесс – от $5,4$ до $20,2$ ‰ (медианное значение $10,2$ ‰) (рис. 3 в).

Соотношение стабильных изотопов в исследованных образцах вод бугра пучения в бассейне р. Гравийка существенно различалось у верхнего сезонно-талого слоя (СТС) ($\delta^2\text{H} = 9,00 \times \delta^{18}\text{O} + 32,23$) и собственно сегрегационного льда бугра пучения ($\delta^2\text{H} = 5,64 \times \delta^{18}\text{O} - 31,55$). Полученные точки изотопных соотношений сегрегационного льда на изотопной диаграмме расположены не вдоль локальной линии метеорных вод, а формируют собственный тренд, который можно интерпретировать как льдообразование в условиях закрытой системы. Для сегрегационного льда характерны наклоны линии регрессии менее 5, что соответствует величинам, полученным для болотных вод мочажин.

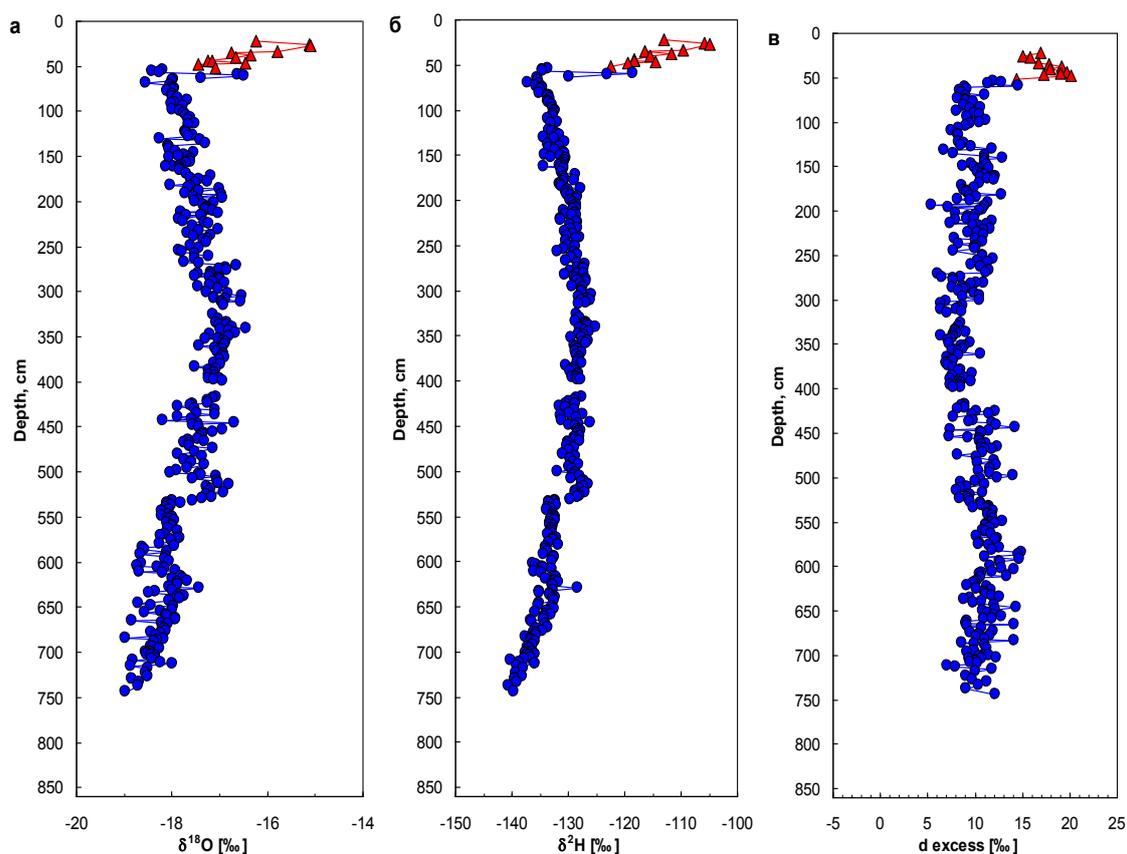


Рис. 3. Значения $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ и d excess в сезонно-талом слое (красные символы) и сегрегационном льду (синие символы) по профилю торфяной залежи бугра пучения в бассейне р. Гравийка.

При анализе изотопного состава сегрегационного льда по стадиям формирования торфяной залежи, согласно их ботаническому составу, выявлено, что наименьшими наклонами регрессии характеризуется стадия доминирования сфагновых мхов в период 5360 – 4465 кал. лет. Исходя из полученных нами зависимостей для исследованных источников, формирование сегрегационного льда, вероятно, происходило водами озерковых комплексов, характеризующихся в настоящее время близкими значениями наклонов регрессии (2,0-4.2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Vishnyakova E.K., Koronatova N.G., Stepanova V.A., Kolesnychenko L.G., Khovalyg A.O., Peregon A.M. Plant Organic Matter in Palsa and Khasyreï Type Mires: Direct Observations in West Siberian Sub-Arctic // *Atmosphere*. 2021. 12. 1612.
2. Vasil'chuk Yu.K., Chizhova J.N., Budantseva N.A., Kurchatova A.N., Rogov V.V., Vasilchuk A.C. Stable oxygen and hydrogen isotope compositions of the Messoyakha and Pestsovoe pingos in northwest Siberia as markers of ice core formation // *Permafrost and Periglacial Processes*. 2021. 32. P. 558–571.
3. Пастухов А.В., Марченко-Вагапова Т.И., Каверин Д.А., Кулижский С.П., Кузнецов О.Л., Панов В.С. Динамика развития бугристых торфяников на южной границе восточно-европейской криолитозоны // *Почвоведение*. 2017. № 5. С. 544–557.
4. Fewster R.E., Morris P.J., Swindles G.T., Gregoire L.J., Ivanovic R.F., Valdes P.J., and Mullan D. Drivers of Holocene palsa distribution in North America // *Quaternary Science Reviews*. 2020. No. 240. 106337.
5. Васильчук Ю.К. Изотопные вариации во льду торфяных и ледо-минеральных бугров пучения - пальза и литальза // *Арктика и Антарктика*. 2018. № 1. С.1-47.
6. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Выпуклые бугры пучения многолетнемёрзлых торфяных массивов / Под редакцией действительного члена РАН, профессора Ю.К. Васильчука - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. – 571 с.
7. Streletskiy D.A., Tananaev N.I., Opel T., Shiklomanov N.I., Nyland K.E., Streletskaya I.D., Tokarev I., Shiklomanov A.I. Permafrost hydrology in changing climatic conditions: seasonal variability of stable isotope composition in rivers in discontinuous permafrost // *Environ. Res. Lett.* 2015. 10. 095003

S u m m a r y.

Permafrost peat mounds (palsa) are widespread in the permafrost zone of the northern hemisphere. The paper presents an analysis of the water isotopic composition ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$) of palsa core ice throughout the entire peat profile near Igarka settlement and the key sources of its formation: atmospheric, surface, soil and groundwater. It was revealed that the formation of the palsa ice core occurred in a closed system with significant variation in certain periods of the peat deposit development.

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ГДАНЬСКОМ БАССЕЙНЕ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Т.Л. Пугачёва^{1,2}, Е.П. Пономаренко², Л.Д. Баширова^{1,2}

¹*Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград,
puga4eva@hotmail.com*

²*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва*

SEDIMENTARY CONDITIONS IN THE GDANSK BASIN DURING THE LATE HOLOCENE

T.L. Pugacheva^{1,2}, E.P. Ponomarenko², L.D. Bashirova^{1,2}

¹*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad,*

²*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow*

Аннотация.

Экосистема Балтийского моря находится под влиянием как естественных факторов (спорадические затоки североморских вод), так и усиливающейся антропогенной нагрузки. В рамках исследования выполнены микропалеонтологический, гранулометрический и рентгенофлуоресцентный анализы, а также определение потерь при прокаливании. Было установлено, что влияние затоков, а также климатических колебаний на экосистему Гданьского бассейна в позднем голоцене характеризовалось пространственной неоднородностью в зависимости от рельефа, а также удаленности от источника затоков.

Ключевые слова: затоки североморских вод, бентосные фораминиферы, органическое вещество, потери при прокаливании, рентгенофлуоресцентный анализ.

Балтийское море – одно из самых крупных солоноватых морей, характеризующееся ограниченным водообменом с Мировым океаном, а также наличием пикноклина, который способствует развитию гипоксии в придонном слое [1]. Экологические условия глубоководных районов моря зависят от спорадических затоков солёной и насыщенной кислородом воды Северного моря.

В качестве материалов исследования использованы донные осадки, отобранные в 43-м рейсе НИС «Академик Борис Петров» с помощью трубки Ниемисто на трех станциях в Гданьском бассейне: на Гданьско-Готландском пороге (АБП-43026) и в Гданьской впадине (АБП-43035 и АБП-43105). На борту судна было выполнено литологическое описание донных отложений. Затем керны были разобраны с шагом в 1 см. Для каждой колонки выполнены определение потерь при прокаливании, микропалеонтологический, гранулометрический и рентгенофлуоресцентный анализы, а также радиоуглеродное датирование верхних и нижних горизонтов: АБП-43026 (7–8 см, 41–42 см), АБП-43035 (9–10 см, 39–40 см), АБП-43105 (7–8 см, 49–50 см). Определение среднего размера и содержания сортируемого силта (СС) в пробах

осадков проводилось с помощью гранулометрического анализа с целью восстановления изменений интенсивности придонных течений.

Донные отложения всех колонок представлены в основном оливковыми и темно-оливковыми пелитовыми илами, сменяющимися к низу более плотными глинистыми илами. По результатам радиоуглеродных датировок возраст осадков колонки АБП-43026 составил 7721 кал.л.н. (42–41 см) и 664 кал.л.н. (8–7 см). Для колонки АБП-43035 получены следующие датировки: 2342 кал.л.н. (10–9 см) и 4036 кал.л.н. (40–39 см). В колонке АБП-43105 наблюдалась инверсия: в верхнем слое (8–7 см) возраст осадка составил 3429 кал.л., а в нижнем (50–49 см) – 2098 кал.л. Так как полученные по радиоуглеродным датировкам возрасты получились слишком «старыми», возрастные модели для колонок были откорректированы с помощью датировок, основанных на распределении концентраций свинца [2]. Таким образом, по скорректированным данным седиментационные разрезы охватывают: 146 кал.л.н. (АБП-43026 49–0 см), 1969 кал.л.н. (АБП-43035) и 2314 кал.л.н. (АБП-43105). Осадки во всех колонках относятся к постлиториновой фазе, за исключением колонки АБП-43026, в которой в нижнем горизонте (56–49 см) глинистые илы серого цвета относятся к более ранней анциловой фазе.

В колонке АБП-43026 процентное содержание ППП постепенно увеличивается вверх по разрезу (от 7 до 24%). Значения ППП в колонках АБП-43035 и АБП-43105 мало изменяются по всей длине разрезов (от 18 до 22% и от 17 до 21% соответственно). Во всех колонках бентосные фораминиферы (БФ) принадлежат роду *Criboelphidium*. Содержание БФ во всех колонках, в основном, низкое. По содержанию БФ седиментационный разрез АБП-43026 можно разделить на три части: полного отсутствия (56–44 см), увеличения (44–22 см) и снижения (22–1 см) концентраций. В колонке АБП-43035 содержание БФ во всей длине разреза не превышает 5 раковин/1 г промытого влажного осадка, за исключением интервала 42–40 см, где концентрация увеличивается до 20 раковин/1 г. В колонке АБП-43105 содержание БФ также достаточно низкое и не превышает 8 раковин/1 г. По результатам гранулометрического анализа в колонках АБП-43035 и АБП-43105 содержание и средний размер СС практически не изменяются: 17–30% и 15–20 мкм (АБП-43035); 30–40% и 20–25 мкм (АБП-43105). В колонке АБП-43026 содержание СС увеличивается вверх по разрезу; размер СС в нижней части колонки (55–41 см)

характеризуется пилообразным изменением, после чего вверх по разрезу остается не более 40 мкм.

Результаты реконструкции рассмотрены в рамках известных климатических периодов: Римский теплый период (РТП) 2250–1550 кал.л.н.; Темные века (ТВ) 1550–1150 кал.л.н.; Средневековый климатический оптимум (СКО) 1000–600 кал.л.н.; Малый ледниковый период (МЛП) 600–100 кал.л.н. и Современное потепление (СП) 100 кал.л.н. – наст. время (-68 кал.л.н.) [3]. В нижнем интервале колонки АБП-43026, соответствующем Анциловой стадии, показатели СС свидетельствуют о сильно меняющейся придонной динамике: усиление стока с суши из-за гумидизации климата [4] сменяется периодами пониженной гидродинамики. Четкая и контрастная граница цвета и смена типа осадков свидетельствуют о перерыве в осадконакоплении. Отсутствие БФ в осадках горизонта 49–56 см объясняется пресноводными условиями, а низкое содержание органического вещества – пониженной продуктивностью вод, характерными для фазы Анцилового озера [5].

Вышележащие осадки были накоплены в теплый период (РТП), характеризующийся повышенной продуктивностью, а также поступлением североморских вод в Гданьскую впадину, связанным, предположительно, с положительной фазой Северо-Атлантического колебания (САК). В ТВ и переходный период к СКО выявлено неоднородное распространение затоков соленых вод. Также стоит отметить, что на фоне похолодания климата в осадках западного склона (АБП-43035) наблюдалось возрастание содержания органического вещества в период 1350–1000 кал.л.н.. Такая особенность связана с поступлением органики с близлежащей суши, обусловленным увеличением антропогенной активности в Средние века (700–1300 гг. н.э.) [6], а также недостатком кислорода для окисления органики ввиду отсутствия затоков. В теплый период СКО, во время которого преобладала положительная фаза САК, отклик на поступление затоков из Северного моря, выраженный в увеличении концентраций БФ, также отмечается преимущественно в разрезе восточного склона Гданьской впадины (АБП-43105).

Во время МЛП увеличение численности БФ наблюдается только в разрезах восточного склона Гданьской впадины (АБП-43105) и Гданьско-Готландского порога (АБП-43026). В разрезе западного склона, напротив, концентрации БФ снижаются и становятся близки к нулю, что указывает на то, что данный

участок, вероятно, не был затронут затоками североморских вод. Также в период МЛП в районе Гданьской впадины наблюдается уменьшение содержания органики, которое указывает на снижение продуктивности в поверхностном слое и продолжительные затоки насыщенных кислородом североморских вод.

Потепление климата и увеличение антропогенного воздействия после Промышленной революции способствуют развитию эвтрофикации в Гданьском бассейне в период СП, а также развитием гипоксии в придонном слое [6]. Во всех исследуемых разрезах наблюдается рост содержания органического вещества в осадках. Увеличение концентрации БФ и размера СС в первой половине СП (100–0 кал.л.н.) сменяется резким снижением показателей во второй половине СП (0– -68 кал.л.н.), что указывает на снижение интенсивности водообмена в придонных слоях во второй половине СП.

Экспедиционные исследования выполнены за счет государственного задания АО ИО РАН (тема № FMWE-2021-0012). Микропалеонтологический, гранулометрический и геохимический анализы выполнены по гранту РФФИ р-мол-А № 19-45-393008. Рентгенофлуоресцентный анализ проведен за счет средств гранта РФФИ № 22-17-00170.

ЛИТЕРАТУРА

1. Feistel S., Feistel R., Nehring, D., Matthäus, W., Nausch, G., & Naumann, M. Hypoxic and anoxic regions in the Baltic Sea, 1969–2015 // *MeereswissBer.* 2016. V. 100. P. 1–85.
2. Zillen L., Lenz C., Jilbert T. Stable lead (Pb) isotopes and concentrations – A useful independent dating tool for Baltic Sea sediments // *Quaternary Geochronology.* 2012. V. 8. P. 41–45.
3. Andren E., Andrén T., Sohlenius G. The Holocene history of the southwestern Baltic Sea as reflected in a sediment core from the Bornholm Basin // *Boreas.* 2000. V. 29. No. 3. P. 233–250.
4. Сергеев А.Ю., Рябчук Д.В., Носевич Е.С., Прищепенко Д.В., Жамойда В.А., Пискарев-Васильев А.Л., Элькина Д.В., Баширова Л.Д., Пономаренко Е.П., Буданов Л.М., Григорьев А.Г. Эволюция среды седиментации послеледниковых водоемов восточной части Финского залива под воздействием климатических изменений // *ОКЕАНОЛОГИЯ.* 2022. Т. 62. Вып. 3. С. 466–484.
5. Brenner W. W. Holocene environmental history of the Gotland Basin (Baltic Sea)—a micropalaeontological model // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* 2005. V. 220.No. 3-4. P. 227-241.
6. Zillén L., Conley D. J. Hypoxia and cyanobacteria blooms—are they really natural features of the late Holocene history of the Baltic Sea? // *Biogeosciences.* 2010. V. 7. No. 8. P. 2567-2580.

S u m m a r y.

Based on the complex study of three sediment cores, impact of the inflows of North Sea waters as well as climate fluctuations on the ecosystem of the Gdansk Basin during Late Holocene varied significantly depending on the relief and distance from the Danish Straits.

УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ: О. ЖИЖГИН

Т.Ю. Репкина^{1,2}, Ю.А. Кублицкий², П.А. Леонтьев², А.В. Орлов², Д.Н. Левкова²,
В.А. Василюк²

¹ИГ РАН, г. Москва, t-repkina@yandex.ru

²РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, uriy_87@mail.ru

THE NATURAL ENVIRONMENT OF THE COASTAL ZONE OF THE WHITE SEA IN HOLOCENE: ZHIZHGIN ISLAND

T.Yu. Repkina^{1,2}, Yu.A. Kublitskiy², P.A. Leontiev², A.V. Orlov², D.N. Levkova²,
V.A. Vasilyuk²

¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

²Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg

Аннотация.

Изучена динамика природных условий в береговой зоне о. Жижгин (Двинский залив). Остров формировался с позднеледникового времени в результате изостатического поднятия и переработки волнами отложений краевых гряд последнего оледенения. Строение береговых форм позволяет предположить наличие нескольких этапов активизации штормов. Последний из них может быть связан с уменьшением продолжительности ледового периода.

Ключевые слова: уровень моря, ледниковый рельеф, морфодинамика, климат, Белое море.

Введение. Берега морей, испытавших покровное оледенение, формируются с позднеледникового времени. Важнейшая особенность их развития – неравномерное в пространстве и времени изменение конфигурации береговой линии (относительного уровня моря) и подводного берегового склона, источников поступления и состава наносов, продолжительности и интенсивности воздействия волн, а также величины приливных и нерегулярных колебаний уровня. Долговременные изменения волнового режима реконструируют, как правило, расчетными методами на основе моделей циркуляции климата [1]. Для акватории Белого моря такие расчеты отсутствуют. Качественное представление о направлении подхода волн и интенсивности их воздействия на берега дает анализ строения форм берегового рельефа. Актуальной остается проблема типизации и развития прибрежных ландшафтов, образующихся в результате переработки в береговой зоне форм ледникового рельефа.

Остров Жижгин - удобная модель для изучения условий развития, морфодинамики и ландшафтов берегов, формирующихся на конечно-моренных постройках последнего оледенения.

Район работ. Остров Жижгин расположен на моренной гряде, которая протягивается по дну проливов Жижгинская и Восточная Соловецкая Салма от Онежского полуострова до Соловецких островов [2]. Поверхность гряды осложнена более мелкими грядами различной ориентировки. К одной из них, расположенной в 7.5 км к СЗ от Онежского полуострова, приурочен о. Жижгин. Протяженность надводной части острова с ЮЮЗ на ССВ составляет ~3 км при ширине ~1.7 км; размеры его подводного цоколя с глубинами до 5 м – ~7 и ~3.5 км соответственно.

Современные берега острова развиваются в условиях умеренного (~2.9 мм/год) поднятия [3], неравномерной волновой нагрузки, небольшой (около 1 м) величины приливов, значительной амплитуды экстремальных колебаний уровня (нагон – до 2 м, сгон – до 1.5 м) и высоких скоростей приливных течений. Штормовые ситуации летом связаны с СВ, ЮЗ и В, а зимой с Ю-ЮЗ, реже – с СВ ветрами. Наиболее высокие волны (2.0-3.0 м) подходят с СВ, В и С, а волны высотой 0.6-2.0 м – с СВ, В и Ю. Ледовый покров неустойчив, присутствует с декабря - января по апрель - начало мая и существенно препятствует развитию волн в феврале-марте [4]. Речная сеть отсутствует. Таким образом, максимальную волновую нагрузку испытывают северные, северо-восточные и южные берега острова, а материал для образования форм берегового рельефа может поступать только с подводного берегового склона или от размыва береговых уступов (с продольными потоками наносов).

По данным М.А. Лавровой [5] о. Жижгин образуют четыре террасы: 23-30, 16.5-23, 6.5-16.5 и ниже 6-6.5 м н.у.м. Две верхние соотнесены с позднеледниковой трансгрессией, а две нижние - с трансгрессиями среднего и позднего голоцена соответственно. Наши исследования позволили уточнить строение террасового комплекса.

Методика работ. На о. Жижгин были выполнены геоморфологические, палеолимнологические и биологические исследования. Геоморфологические исследования включали предполевое дешифрирование дистанционных данных, вдольбереговые морфолитодинамические маршруты, геоморфологическое профилирование и съемка высот с использованием DGPS PrinCe i50. Палеолимнологические исследования и отбор образцов донных отложений озёр на радиоуглеродное датирование и диатомовый анализ выполнены в трех

озерах: Водоносном (урез 14.1 м), Черняевском (3.9 м) и «Дашином» (3.1 м). Изучены также отложения двух безымянных осушенных водоемов (1.8 и 0.2 м н.у.м.). Биологические исследования включали описание прибрежных ландшафтов и донных сообществ отчленяющихся водоемов, а также изменения их солености и рН.

Предварительные результаты и их обсуждение. Верхняя граница современной береговой зоны прослеживается по отложениям наиболее высоких штормовых заплесков на отметках ~2 м н.у.м. На северо-западе, севере и северо-востоке острова преобладают аккумулятивные берега с песчаными или галечно-песчаными пляжами. Аккумулятивные участки разделены валунными мысами разной ориентировки, образовавшимися в результате селективного размыва морены. На юго-западных берегах валунные гряды образуют отчленяющиеся водоемы причудливых очертаний с глубинами от 0.5 до 3 м. В донных осадках и придонных горизонтах воды некоторых из них зафиксировано сероводородное заражение. На юге преобладают абразионные берега, выработанные в останцах моренных гряд и вложенных между ними песчано-гравийных отложениях вышележащих террас. В целом, в береговой зоне острова преобладают поперечные потоки наносов. Вдольбереговые потоки наносов короткие, направлены от мысов к вершинам заливов.

На побережье острова выделены 5 морских террас. Конфигурация береговых форм повсеместно наследует строение ледникового рельефа.

Верхняя терраса (17-30 м н.у.м.) представляет собой сглаженную морем вершину моренного останца, ограниченную крутым абразионным уступом. Ледниковые суглинки прикрыты валунными отмысками.

С юга к останцу примыкает терраса с высотами 15-17 м н.у.м. Ее бровки образованы валунными грядами, такими же, как и на современных берегах. На южную гряду наложены наиболее древние береговые валы, сложенные валунами и крупной галькой. В центре террасы расположены оз. Водоносное (урез – 14.1 м) и несколько заболоченных котловин. Донные отложения озера включают снизу вверх морские отложения, переходный горизонт, характерный для водоемов, изолировавшихся от моря [Субетто, 2009] и типичные отложения пресноводного водоема. Склон, отделяющий террасу от нижележащей, на западе и востоке представляет собой абразионный уступ, а на юге осложнен

береговыми валами. На высотах 11-13 м на склоне иногда прослеживается узкая ступень. Подошва склона окаймлена террасой с высотами 8-10 м, аккумулятивной на юге и абразионно-аккумулятивной на остальных берегах острова. Терраса ограничена невысоким (до 1-1.5 м) абразионным уступом; на юге он срезает береговые валы.

На высотах 2-8 м строение и распределение вдоль берега форм берегового рельефа сходны с современными.

Таким образом, строение террасового комплекса на о. Жижгин и северо-западе Онежского полуострова, где террасы были датированы [9], близко как по высотам наиболее выраженных береговых линий, так и по закономерному изменению обстановок в береговой зоне. Поэтому, до получения результатов аналитических исследований, формирование верхней (17-30 м н.у.м.) террасы можно соотнести с позднеледниковой трансгрессией и регрессией раннего голоцена; террасы на высотах 15-17, 11-13 и, вероятно, 8-10 м - с трансгрессией среднего голоцена тапес, а нижележащие террасы отнести к позднему голоцену.

Механизмы трансформации ледникового рельефа отличаются на берегах острова в зависимости от ориентировки моренных гряд к преобладающему волнению и интенсивности последнего. Переработка ледникового рельефа была и остается наиболее интенсивной на южных берегах острова, открытых осенним и зимним ветрам. Здесь, в результате относительно быстрого размыва морены, уже на начальных этапах формирования острова, количество наносов стало достаточным для образования береговых валов, а впоследствии - аккумулятивных террас. На остальных берегах аккумулятивные формы появились значительно позже; как правило они вложены между формами селективного размыва морены (на северо-востоке острова) или примыкают к ним (на востоке и западе).

Судя по конфигурации форм берегового рельефа направления транспорта наносов, а значит, и преобладающих ветров и волн, со среднего голоцена не претерпевало резких изменений. Размыв аккумулятивных форм на высотах ~8 м н.у.м., вероятно, может быть признаком кратковременного увеличения штормовой активности. А смена на юге острова аккумулятивных берегов на абразионные - признаком увеличения повторяемости или силы осенних штормов, в том числе и из-за меньшей продолжительности ледового периода.

Выводы. Рельеф о. Жижгин сформировался в результате послеледникового поднятия, сопровождавшегося переработкой морены в волно-приливном поле. Строение береговых форм позволяет предположить наличие нескольких этапов активизации штормов. Последний из них может быть связан с уменьшением продолжительности ледового периода. Хронология событий будет восстановлена по результатам датирования донных отложений изолированных водоемов.

Работа выполнена в рамках темы ГЗ при финансовой поддержке Минпросвещения России (проект № FSZN-2020-0016) (палеолимнологические и биологические исследования), в рамках ГЗ ИГ РАН № 0148-2019-0005 (полевые геоморфологические исследования) и проекта РНФ № 22-17-00081 (геоморфологическое дешифрирование).

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang W., Harff J., Schneider R., Meyer M., Zorita E., Hünicke B. Holocene morphogenesis at the southern Baltic Sea: Simulation of multi-scale processes and their interactions for the Darss-Zingst peninsula // *Journal of Marine Systems*. 2014. Vol. 129. P. 4–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.06.003>.
2. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Листы Q-37-XXV, XXVI. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. 51 с.
3. Инжебейкин Ю.И. Колебания уровня Белого моря // Автореф. дисс.... д.г.н.. СПб.: РГГМУ, 2006. 44 с.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 240 с.
5. Лаврова М.А. К геологии Онежского полуострова Белого моря // *Тр. Геол. музея Ак. Наук. Т. VIII*. Л.: Изд. АН СССР, 1931. 70 с.
6. Субетто Д. А. Донные отложения озер: Палеолимнологические реконструкции: Научная монография. СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 339 с.
7. 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 // *Изв. РАН. Сер. Географическая*. 2020. Т. 84. № 6. С. 888–904. <https://doi.org/10.31857/S2587556620060096>

S u m m a r y.

The dynamics of natural environment of the coastal zone of Zhizhgin Island (Dvinskiy Bay) has been studied. The Island has been formed since the Late Glacial as a result of isostatic uplift and processing by waves of the marginal moraine ridges. The configuration of coastal landforms suggests the presence of several stages of storm activation. The last of them may be associated with a decrease in the duration of the ice period.

РАЗВИТИЕ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ

А.Е. Рыбалко^{1,2}, Т.Ю. Репкина^{3,4}, Н.Е. Зарецкая³, О.П. Корсакова⁵,
Д.А. Субетто⁴, П.Ю. Беляев¹, А.А. Вашков⁵

¹ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, *alek-rybalko@yandex.ru*

²Институт наук о Земле, СПбГУ, Санкт-Петербург, *a.rybalko@spbu.ru*

³Институт географии РАН Москва, *t-repkina@mail.ru*

⁴РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, *subetto@mail.ru*

⁵Геологический институт Кольского научного центра РАН, Анатиты,
korsak@geoksc.apatity.ru

DEVELOPMENT OF THE WHITE SEA IN THE HOLOCENE

A.E. Rybalko, T.Yu. Repkina, N.E. Zaretskaya, O.P. Korsakova, D.A. Subetto,
P.Yu. Belyaev, A.A. Vashkov

¹VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg,

²Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg,

³Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow,

⁴RGPU im. A.I. Herzen. St. Petersburg,

⁵Geological Institute, Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences

Аннотация.

Доклад основан на наших исследованиях, проведенных в 70-80-х годах прошлого века, сейсмоакустических данных, полученных в различное время и результатах новейших исследований в Кандалакшском заливе, а также на побережье Белого моря. Показан сложный и разновременный характер развития морского бассейна в бассейне Белого моря, во многом обусловленный различным соотношением гляциоизостатического поднятия суши и развитием послеледниковой трансгрессии

Ключевые слова: Белое море, голоцен, морские отложения, донные осадки палинологический анализ, диатомовый анализ

Белое море является внутренним морем гляциального шельфа. Зарождение современного водного бассейна началось 12-13 тыс. лет. Этому периоду уделено достаточно много внимания различными авторами [Невесский и др., 1977, Рыбалко и др., 2017], в то же время голоценовый этап развития Белого моря освещен сравнительно мало, хотя именно в это время происходило становление морского бассейна в Беломорской впадине и возникали зональные различия в стратиграфии. Данный доклад основан на наших исследованиях, проведенных в 70-80-х годах прошлого века, сейсмоакустических данных различного возраста и новейших исследованиях в Кандалакшском заливе, а также на берегах Белого моря.

Смена приледникового бассейна морским происходила в конце позднего неоплейстоцена-раннем голоцене, причем продолжительность и временные рамки этого процесса существенно различались в различных районах. Белого моря. На это обратил внимание еще Е.Н. Невесский со своими соавторами

[Невесский и др.1977]. Наши исследования в Онежском заливе показали, что в серых с зеленоватым оттенком текучих алевропелитовых отложениях, которые обычно сопоставляются с морским типом седиментогенеза и которые перекрывают ленточноподобные осадки, четко выделяются два спорово-пыльцевых спектра. Нижний из них был соотнесен с аллередом. Залегающие стратиграфически выше осадки были отнесены к позднему дриасу. По данным изучения диатомовой флоры в аллередских отложениях встречаются преимущественно пресноводные диатомеи, которые выше сменяются хорошо выраженным сублиторальным арктобореальным солоноватоводным комплексом диатомовой флоры, что указывает на существенно опресненный характер позднеледникового бассейна [Рыбалко и др., 1987].

В перекрывающих их осадках типично морского облика (зеленовато-серые алевропелиты со стяжениями гидротроилита) спорово-пыльцевые спектры резко отличаются от подстилающих отложений. Для палиноспектров этих горизонтов характерно плавное изменение состава спор и пыльцы, выражающееся, прежде всего, пропаданием в них перегляциальных ксерофитов, что позволило сопоставить их с опорными разрезами южной части Белого моря [Мануйлов и др., 1981] и отнести вмещающие осадки к пребореал-бореальному возрасту [Рыбалко и др., 1987]. При этом данные диатомового анализа указывают, что в Сорокской губе в пребореальных отложениях появляются сублиторальные умеренно холодноватые диатомеи, что хотя и указывает на общее улучшение климатических условий, но в то же время свидетельствует и об опресняющем влиянии на бассейн талых ледниковых вод. А к востоку и северу от Соловецкого архипелага в это время уже господствовал солоноватоводно-морской северо-бореальный сублиторальный комплекс диатомей, что указывает на существование здесь морских условий [Мануйлов и др., 1981]. Полностью морской режим в Онежском заливе установился в бореальное время голоцена [Рыбалко и др., 1987].

При этом по данным палинологического и палеомагнитного анализов было установлено отсутствие отложений атлантического возраста практически во всей восточной Онежской котловине — от Лямецкого поднятия почти до Соловецкого архипелага. В западной же части Онежского залива в это время

накапливались типичные морские отложения. Внутри же Соловецкого архипелага, между островами Большой Соловецкий и Анзерский, в позднебореальное и атлантическое время происходило интенсивное карбонатно-терригенное осадконакопление, приведшее к появлению специфических песчаных глин зеленовато-серого цвета, насыщенных целыми створками раковин морских гребешков, не встречающихся в других районах Белого моря [Мануйлов и др., 1981].

Ближкие палеогеографические события, по данным Е. Новичковой с соавторами, в раннем голоцене развивались и в Двинском заливе Белого моря. Хотя уже в конце аллерада он освободился ото льда, но еще в начале пребореального времени голоцена донные отложения содержали низкие концентрации морских видов палиноморф и сравнительно высокие концентрации видов – показателей речного стока. Это указывает на существование здесь распреснённого морского водоёма с ледовым покровом до 8–9 месяцев в году и средними летними температурами поверхностных вод 3–8 °С. Во второй половине пребореала по микропалеонтологическим данным произошло похолодание (на фоне регрессии Литорина) и продолжительность ледового покрова увеличилась до 10–11 мес./г., а средние летние температуры поверхностных вод понизились. Активное поступление баренцевоморских вод во внутреннюю часть Двинского залива началось в самом конце пребореала и достигло своей максимальной фазы в бореальное время ~9,2–9,5 тыс. кал. л. н. во время трансгрессии Фолас I. Таким образом, окончательно морской режим в Двинском заливе установился около 8,6 тыс. л. н. в конце раннего голоцена. В позднем бореале, во время регрессии Фолас I, произошел размыв кровли нижнеголоценовых осадков, что косвенно подтверждено четкой сейсмоакустической границей в толще голоценовых осадков [Новичкова и др., 2017].

С этими данными совпадают и результаты изучения Н.Е. Зарецкой дельты реки Северная Двина. Она в голоцене прошла три стадии развития. Эстуарная стадия (~11–7.7 кал. тыс. л. н.) совпадает со временем проникновения морских вод в Двинской залив Белого моря. Лагунная стадия (~7.7–5.5 кал. тыс. л. н.) характеризуется более высоким, чем современный, длительным стоянием Белого моря, сопровождавшимся накоплением характерных органогенных

отложений с остатками солоноватоводных микроорганизмов. Собственно дельта начала формироваться после заполнения устьевого залива (~5.5 кал. тыс. л. н.) и совпала с падением скоростей гляциоизостатического поднятия [Зарецкая, 2018].

В северной части Белого моря установление морского режима происходило асинхронно на западе и востоке района и носило характер изменчивого прерывистого процесса на протяжении пребореального и бореального времени. Природная обстановка, близкая к современной установилась в этом районе в атлантический период [Джиноридзе и др., 1979].

Береговые работы, среди которых ведущую роль играли исследования Геологического института Кольского научного Центра РАН, позволили оценить темп и характер перемещения береговой линии моря за счет изучения донных отложений в малых озерных котловинах, расположенных вблизи берега. Эти работы показали, что на Кольском полуострове, начиная с пребореала до поздней атлантики (~6000 С-лет), развивалась отчетливая неравномерная регрессия, включающая в себя фазы фиксированного положения береговой линии моря или даже периоды незначительного ее подъема. В это время скорость гляциоизостатического поднятия суши оказалась выше или соизмеримой со скоростью эвстатического поднятия уровня Мирового океана. В результате в Белом море, особенно в его северной части, позднеледниковая трансгрессия сменилась голоценовой регрессией, которая происходила с различной скоростью и была вызвана гляциоизостатическим перемещением поверхности суши. Наибольшая скорость регрессии была в раннем голоцене (10000–80000 С-лет назад). В разных районах побережья Белого моря ее значения изменяются от 3 до 10 см в год. В среднем голоцене, во время трансгрессии Тапес отмечается замедление регрессии береговой линии моря до 0,3–0,7 см в год, а после ее окончания - некоторое увеличение скорости регрессии береговой линии моря примерно до 3 см в год, которое в позднем голоцене сменяется равномерной регрессией со скоростью менее 1 см в год. [Колька, Корсакова, 2013].

Таким образом, становление и развитие Белого моря в голоцене существенно различалось в его различных частях и, во многом, было

обусловлено соотношением гляциоизостатического поднятия суши и развитием гляциоэвстатической трансгрессии.

Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 22-017-00081

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарецкая Н.Е. Голоценовая история дельты р. Северной Двины. // Геоморфология. 2018, №1. С.3-17.
2. Колька В.В., Корсакова О.П. Перемещение береговой линии и палеогеография Белого моря в позднеледниковье и голоцене // Материалы научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских стационарах», посвященной 75-летию Беломорской биологической станции МГУ (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27 февраля — 1 марта 2013 г.): Тезисы докладов.— М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. С. 127-131.
3. Мануйлов С.Ф., Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А. и др. Стратотип позднеледниковых и голоценовых отложений Соловецкого шельфа Белого моря. - В кн.: Палинология плейстоцена и голоцена. Л., 1981, с. 116-134
4. Невеский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море - седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 235 с.
5. Новичкова Е. А. Рейхард Л. Е., Лисицын А.П. и др. Новые данные по истории развития Двинского залива Белого моря в голоцене // Доклады Академии наук, 2017, том 474, № 3, с. 365–369
6. Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л.Р., Токарев М.Ю. Четвертичные отложения Белого моря и история развития современного Беломорского бассейна в позднем неоплейстоцене-голоцене // Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017. С. 16-84.
7. Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А., Спиридонова Е.А. и др. Четвертичные отложения Онежского залива и основные черты его палеогеографии в плейстоцене-голоцене // Комплексные морские геолого-геофизические исследования внутренних морей гляциального шельфа. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. С. 38-52.
8. Старовойтов А.В., Токарев М.Ю., Терехина Я.Е. и др. Строение осадочного чехла Кандалакшского залива Белого моря по данным сейсмоакустики // Вестн. Моск. ун-та. сер. 4. Геология. 2018. № 2. С.81-92.

S u m m a r y.

The report is based on our research conducted in the 70-80s of the last century, seismoacoustic data of various ages and the latest research in the Kandalaksha Bay, as well as on the shores of the White Sea. The complex and multi-temporal nature of the development of the marine basin in the White Sea basin is shown.

ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЫЕ И ГОЛОЦЕНОВЫЕ ЛЁССОВЫЕ ПОРОДЫ И ПОЧВЫ В БАСЕЙНЕ Р. КУЙТУНКИ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ): СОСТАВ, ГЕНЕЗИС, ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ

Ю.В. Рыжов^{1,2,3}, В.А. Голубцов^{1,3}

¹*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, ruy@crust.ik.ru*

²*Иркутский государственный университет, г. Иркутск*

³*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, tea_88@inbox.ru*

LATE GLACIAL AND HOLOCENE LOESSAL SEDIMENTS AND SOILS IN THE KUYTUNKA RIVER BASIN (WESTERN TRANSBAIKALIA): COMPOSITION, GENESIS, FORMATION STAGES

Yu.V. Ryzhov^{1,2,3}, V.A. Golubtsov^{1,3}

¹*Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk*

²*Irkutsk State University, Irkutsk*

³*V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk*

Аннотация.

Выявление генезиса, этапов и условий формирования лёссовых пород и почв (почвенно–лёссовых серий) – актуальная задача четвертичной геологии и палеогеографии. Изучены разрезы, выполнено радиоуглеродное датирование позднеледниковых и голоценовых лёссовых пород и почв в бассейне р. Куйтунки в Западном Забайкалье. Выделено четыре типа лёссов и лессовидных отложений: 1) эоловые лёссы водоразделов; 2) эоловые лёссы, эолово–делювиальные и делювиальные и лёссовидные отложения пологих склонов; 3) эоловые и делювиально–пролювиальные лёссовидные отложения склонов, днищ и конусов выноса эрозионных форм; 4) лёссовидные отложения речных террас. В позднеледниковье и голоцене установлено три этапа аккумуляции лёссовых пород и почв.

Ключевые слова: лёссы, лёссовидные отложения, позднеледниковье, голоцен, бассейн р. Куйтунки

Лёссовые породы включают лёссы и лёссовидные породы [1]. Характерным элементом разрезов лёссовых пород являются погребенные почвы, обычно группирующиеся в педокомплексы (комплексы сближенных и наложенных почв) [2]. Лёссовидные отложения широко распространены в бассейне р. Селенги [1, 3]. Д.Б. Базаров [3] лёссы и лёссовидные отложения разделял на эоловые и полигенетические. Эоловые лёссовидные образования широко развиты на водоразделах в бассейне р. Куйтунки и имеют мощность 2–3 м [3]. Полигенетические лёссовидные образования (10–15 м) накапливались одновременно с эоловыми на нижних частях склонов речных долин, террасах, в лощинах, падах оврагах [3]. Генезис этих отложений – делювиальный, эолово–делювиальный, эолово–аллювиальный, пролювиально–аллювиальный. Они включают одну или несколько погребенных почв. На карте неоген–четвертичных образований в бассейне р. Куйтунки [4] выделены эоловые и делювиально–пролювиальные отложения средне–позденеоплейстоценового возраста (v,рd Q_{II-III}), представленные супесями, песками с примесью дресвы и щебня и

лѣссовидными суглинками мощностью до 130 м. и нерасчлененные четвертичные эоловые и делювиальные (v, d) отложения мощностью до 20 м.

Территория исследования расположена в Селенгинском среднегорье в бассейне р. Куйтунки (правый приток р. Селенга), водосборная площадь которого 1140 км². В геологическом строении бассейна принимают участие горные породы пермско–триасового возраста, представленные преимущественно гранитами и сиенитами. На них залегают разновозрастные аллювиальные, пролювиальные, делювиальные, эоловые четвертичные отложения. Эолово–делювиальные и эолово–делювиально–пролювиальные отложения представлены лѣссовидными супесями и суглинками, дресвой и щебнем. К верхнечетвертичным и голоценовым отложениям относятся аллювиальные, аллювиально–пролювиальные отложения I и II надпойменных террас высотой 4–6 и 6–8 м, русел постоянных и временных водотоков, эолово–делювиальные, эолово–делювиально–пролювиальные лѣссовидные супеси и легкие суглинки мощностью 2–17 м, которые залегают в долинах постоянных и временных водотоков, на склонах и водоразделах.

Нами детально изучены отложения позднеледниковья и голоцена разрезов Надеино, Нижняя Буланка, Большой Куналей, Студеный ключ 1, 2, первой и второй надпойменных террас р. Тарбагатайки [5, 6]. Определен гранулометрического и химического состава, проведено радиоуглеродное датирование почв, выполнен спорово–пыльцевой анализ почвенно–лѣссовой серии разреза Надеино.

В бассейне р. Куйтунки выделяются следующие основные виды лѣссов и лѣссовидных отложений: 1) эоловые лѣссы водоразделов; 2) эоловые лѣссы, эолово–делювиальные и делювиальные и лѣссовидные отложения пологих склонов; 3) эоловые и делювиально–пролювиальные лѣссовидные отложения склонов, днищ и конусов выноса эрозионных форм; 4) эоловые, делювиально–пролювиальные и аллювиально–эоловые лѣссовидные отложения речных террас. Каждый из них приурочен к определенному (денудационному, эрозионно–денудационному, эрозионно–аккумулятивному, аккумулятивному) типу и элементу рельефа, характеризуется различиями в мощности лѣссовых пород, гранулометрическом и химическом составе.

На водоразделе р. Куйтунки на водоразделах ее притоков распространены эоловые лѣссы мощностью до 3 м [3, 4]. Они представлены алевроитами палево–серого, темно–серого цвета. Для них характерно почти полное отсутствие частиц крупного, среднего и мелкого песка (1–0,1 мм), высокое содержание (45–55 и

37–47 %), соответственно, фракций тонкозернистого песка (0,1–0,05 мм), крупной и средней пыли (0,05–0,005 мм) [3].

Эоловые лёссы, эолово–делювиальные и делювиальные и лёссовидные отложения пологих склонов представлены пылеватыми песками и супесью имеют лёссовидный облик и чередуются в разрезах с гумусовыми горизонтами погребенных почв [5]. Доля мелкого и тонкого песка (0,25–0,05 мм) в отложениях – 7–73%, средняя – 36%. Содержание фракции крупной пыли (0,05–0,01 мм) – 19–66%, среднее – 47%, средней и мелкой пыли (0,01–0,001) – 5–34%, среднее 12%. Почвы представлены гумусированными супесями и суглинкам. В гумусовых горизонтах количество фракций мелкого и тонкозернистого песка – 7–51%, среднее – 23%. Содержание крупной пыли в почвах – 39–68%, среднее – 53%, мелкой пыли – 10–18%. В разрезе Нижняя Буланка пылеватые пески и супеши разделены двенадцатью гумусовыми горизонтами. В голоценовых отложениях прослеживается девять почв, в доголоценовых позднеледниковых – три.

Эоловые и делювиально–пролювиальные лёссовидные отложения склонов, днищ и конусов выноса эрозионных форм представлены пылеватыми песками и супесями, разделенными горизонтами погребенных почв. Для лёссовидных отложений характерны значительные колебания содержания фракций мелкого, тонкозернистого песка (4–80%) и крупной пыли (11–51%). Их средние значения равны, соответственно, 55 и 23%. В почвах доля частиц мелкого, тонкозернистого песка и крупной пыли составляет, соответственно, 21–51 и 24–46%, средние величины – 36%. В разрезе Надеино в приустьевой части крупной балки насчитывается шесть погребенных почв. Из них пять имеют голоценовый возраст, одна доголоценовый.

В разрезах первой и второй надпойменных террас р. Тарбагатайки лёссовидные отложения и почвы встречаются в отложениях покровного генетического комплекса и в кровле аллювия (четвертый тип). Они представлены мелко– и тонкозернистыми песками, супесями, разделены горизонтами погребенных почв, характеризуются резкими колебаниями содержания фракций и мелкого и тонкозернистого песка крупной пыли [6].

На основании изученных разрезов в позднеледниковье и голоцене выделяются три этапа аккумуляции лёссов и лёссовидных отложений, формирования погребенных почв. Первый – накопление лёссовидных отложений и формирование почв в позднеледниковое потепление 14,5–12,9 тыс. кал. л.н. Отложения представлены гумусированными супесями и легкими суглинками, пылеватыми песками и лёссовидными супесями. Преобладали полынные степи с

примесью маревых, астровых, злаковых. Выявляются 1–3 ископаемой почвы, свидетельствующие о потеплении и увлажнении климата, снижении активности экзогенных процессов, формировании плотного растительного покрова. Позднеледниковое потепление сопровождалось увеличением годового количества осадков, сокращением площади многолетнемерзлых пород [5].

Второй – позднеледниковой (12,9–11,7 тыс. кал. л.н.) этап эоловой аккумуляции лёссов и лёссовидных отложений. Осадки представлены преимущественно криотурбированными эоловыми, эолово–делювиальными и эолово–делювиально–солифлюкционными лёссовидными карбонатными супесями и пылеватыми песками. В споро–пыльцевом спектре преобладают полыни с примесью маревых и астровых. Были распространены холодные полынные степи в условиях сплошного распространения многолетнемерзлых пород, активного проявления криогенных и эоловых процессов [5].

Голоценовый межледниковый этап (последние 11,7 тыс. кал. л.н.) преимущественного накопления лёссовидных отложений и интенсивного педогенеза. В бассейне р. Куйтунки почвенные горизонты (гумусированные супеси и суглинки) чередуются с прослоями песков и супесей. В целом выделяется шесть периодов интенсивного педогенеза 11.7– 10.5, 9.4–8.3, 7.8–5.4, 4.8–3.6, 3–1, 0.15–0 тыс. кал. л.н [7], разделенных этапами осадконакопления. Лёссы и лёссовидные отложения накапливались преимущественно 10,5–9,4 тыс. кал л.н., когда доминировали степные ландшафты, отмечался этап аридизации климата и активизация эоловых процессов [5]. В среднем и позднем голоцене в бассейне преобладали лесостепные ландшафты. Ведущими были эрозионно–аккумулятивные экзогенными процессами с участием эоловых в периоды похолоданий и аридизации климата [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта РФФИ № 22–17–00265.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лёссовые породы СССР: в двух томах. Том 1. Инженерногеологические особенности и проблемы рационального использования. М.: Недра, 1986. 232 с.
2. Геологический словарь. В трех томах. Издание третье, перераб. и доп. / Гл. ред. О.В. Петров. Т. 2. К–П. СПб.: Изд–во ВСЕГЕИ, 2011. 480 с.
3. Базаров Д.–Д.Б. Четвертичные отложения и основные этапы развития рельефа Селенгинского среднегорья Улан–Удэ: Бурятское книжное изд–во, 1968. 156 с.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 издание второе Селенгинская серия. Карта неоген–четвертичных образований. Лист М 48–VI (Улан–Удэ). СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2009. 1 л.
5. Голубцов В.А., Рыжов Ю.В., Кобылкин Д.В. Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене. Иркутск: Изд–во ИГ СО РАН, 2017. 139 с.

6. Рыжов Ю.В., Голубцов В.А., Опекунова М.Ю. Формирование террас реки Тарбагатайки (Западное Забайкалье) в позднеледниковье и голоцене // География и природные ресурсы. 2021. No 2. С. 132–140.

7. Рыжов Ю.В., Голубцов В.А., Кобылкин Д.В., Снытко В.А. Новые данные об осадконакоплении и почвообразовании в Селенгинском среднегорье (Западное Забайкалье) в позднеледниковье и голоцене // Доклады академии наук. 2016. Т. 467. No 4. С. 368–372.

S u m m a r y.

Detection the genesis, stages, and conditions for the formation of loess and loess-like deposits and soils (soil-loess series) is an urgent task of Quaternary geology and paleogeography. Sections were studied. Radiocarbon dating of Late Glacial and Holocene loess-like sediments and soils in the Kuitunka river basin (Western Transbaikalia) were performed. Four types of loessoids (loess and loess-like deposits) have been distinguished: 1) eolian loess of watersheds; 2) eolian loess, eolian-colluvial loess-like deposits of gentle slopes; 3) eolian and colluvial loess-like sediments of slopes, bottoms and fans of erosional forms; 4) loess-like deposits of river terraces. Three stages of accumulation of loess and loess-like deposits and soils were established during the Late Glacial and Holocene.

ПТИЦЫ В ГОЛОЦЕНЕ

А.Б. Савинецкий

ИПЭЭ РАН, г. Москва, arkadybs@rambler.ru

BIRDS OVER THE HOLOCENE

A.B. Savinetsky

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow

Аннотация.

Дан краткий обзор существующих методов изучения остатков птиц и следов их жизнедеятельности в голоцене. Приводится список основных руководств и определителей по остеологии птиц. Использование комплексного подхода позволяет выяснить историю формирования авифаун, распространения видов, оценить динамику численности и факторов, на нее влияющих, выявить многие черты экологии видов, историю одомашнивания птиц и их хозяйственного использования.

Ключевые слова: палеорнитология, голоцен, остеология, торфяные и озерные отложения

Птицы являются важным структурным компонентом экосистем, а их остатки и следы жизнедеятельности встречаются во многих естественных и антропогенных памятниках. Изучение их остатков позволяет выяснить историю формирования авифаун, распространения видов, оценить динамику численности и факторов, на нее влияющих, выявить многие черты экологии видов, историю одомашнивания птиц и их хозяйственного использования.

Основное внимание при археозоологических исследованиях уделяется остеологическим материалам [1]. Для определения костей птиц существуют как общие определители [2, 3], так и по отдельным группам: утиным [4-6];

курообразным [7, 8], поганковым [9], чистиковым [10], ястребиным [11, 12], совообразным [13], соколиным [14, 15], воробьинообразным [16-18], хотя далеко не все из них являются легкодоступными и полными по охвату видов. Следует отметить, что наличие таких определителей никоим образом не заменяет необходимость работы с эталонными остеологическими коллекциями, а лишь подсказывает, на какие именно отличия следует обратить внимание. Именно эталонные остеологические коллекции являются основой определения костей птиц. Наибольшие коллекции в нашей стране находятся в ПИН РАН (Москва), ИПЭЭ РАН (Москва), Зоомузее МГУ (Москва), ЗИН РАН (Санкт-Петербург) и ИЭРиЖ УрО РАН (Екатеринбург). При описании костей птиц следует использовать номенклатуру Baumel, Witmer [19] и Зеленкова [20]. При измерении костей следует использовать схему Driesch [21] и Курочкина [22].

Кроме морфологических признаков, в последние годы все шире используется для определения птиц aDNA [23, 24] и метод палеопротеомики, или ZooMS, [25, 26], хотя возможности последнего несколько ограничены в связи с большой консервативностью коллагена костей птиц, что позволяет определять, в основном, только до уровня семейства. В ряде случаев определение возможно и с помощью метода стабильных изотопов [27]. По морфологическим признакам костей можно в ряде случаев определить пол птиц, возраст, в основном только до уровня молодая-взрослая особь [22], а по наличию медуллярной кости – гнездится ли птица в данном регионе [28, 29].

Как в археологических памятниках, так и в естественных отложениях, например, в зоогенных пещерных отложениях, встречаются фрагменты скорлупы птиц, которые также определяются различными методами [30-32].

Технологическое развитие последних десятилетий позволяет получить дополнительную информацию из костей птиц. Соотношение стабильных изотопов азота (N^{15}/N^{14}) коллагена костей позволяет определить трофическое положение птиц в пищевой цепи, а соотношение стабильных изотопов углерода (C^{13}/C^{12}) - пространственное расположение участков питания, например, глубину и расстояние от берега [33, 34]. Соотношения изотопов водорода, кислорода, серы, стронция позволяют определить пути миграций и условия обитания животных [35]. Использование рамановской спектроскопии позволяет определить долю ракообразных в питании птиц [36].

В целях реконструкции истории формирования колоний птиц, динамики численности колониальных птиц и факторов на них влияющих в последние десятилетия активно изучаются торфяные и озерные отложения с помощью целого ряда методов – биоэлементным, изотопными, палеогенетическими, макромолекулярными, ботаническими и зоологическими [37-39].

Таким образом, существующий огромный набор традиционных и новых методов изучения остатков птиц и следов их жизнедеятельности дает огромные возможности для развития палеорнитологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Serjeantson D. *Birds. Cambridge Manuals in Archaeology*. Cambridge University Press, 2009. 486 p.
2. Cohen A., Serjeantson D. *A Manual for the Identification of Bird Bones from Archaeological Sites*. London, Archetype Publications Ltd, 1996. 115 p.
3. Gilbert B.M., Martin L.D., Savage H.G. *Avian Osteology*. Missouri Archaeological Society, Inc., 1996. 252 p.
4. Woolfenden G.E. Postcranial Osteology of the Waterfowl // *Bulletin of the Florida State Museum*. 1961. V. 6. No 1. P. 1-129.
5. Bacher A. Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen des postkranialen Skeletts in Mitteleuropa vorkommender Schwäne und Gänse. Inag. Diss. München: Inst. Paläoanat. Univ., 1967. 104 p.
6. Woelfle E. Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen des postkranialen Skeletts in Mitteleuropa vorkommender Enten, Habgänse und Säger. Inag. Diss. München: Inst. Paläoanat. Univ., 1967. 203 p.
7. Erbersdobler K. Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen des postkranialen Skeletts in Mitteleuropa vorkommender mittelgrosser Hühnervögel. Inag. Diss. München: Inst. Paläoanat. Univ., 1968. 93 p.
8. Kraft E. Vergleichend morphologische Untersuchungen an Einzelknochen Nord- und Mitteleuropäischer Kleinerer Hühnervögel. Inag. Diss. München: Inst. Paläoanat. Univ., 1972. 194 p.
9. Bocheński Z. The comparative osteology of grebes (Aves: Podicipediformes) and its systematic implications // *Acta Zoologica Cracoviensia*. 1994. V. 37. No 1. P. 191-346.
10. Chandler R.M. Phylogenetic analysis of the alcids. Ph.D. Univ. Kansas, 1990. 142 p.
11. Otto C. Vergleichend Morphologische Untersuchungen an Einzelknochen in Zentraleuropa Vorkommen der Mittelgrosser Accipitridae. I. Schädel, Brustbein, Schultergürtel und Vorderextremität. Inag. Diss. Mün: Inst. Paläoanat. Univ., 1981. 182 p.
12. Schmidt-Burger P. Vergleichend Morphologische Untersuchungen an Einzelknochen in Zentraleuropa Vorkommen der Mittelgrosser Accipitridae. II. Becken und Hinterextremität. Inag. Diss. München: Inst. Paläoanat. Univ., 1982. 121 p.
13. Langer G. Vergleichend Morphologische Untersuchungen an Einzelknochen in Mitteleuropa Vorkommen der Mittelgrosser Eulenarten. Inag. Diss. München: Inst. Paläoanat. Univ., 1980. 210 p.
14. Solti B. Vergleichende osteometrische Untersuchungen über den Körperbau europäischer Grossfalken sowie dessen funktionelle Beziehungen // *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis*. 1985. V. 10. P. 115-130.
15. Solti B. The Comparative Osteomorphological Study of the European Small-statured Falcons (Aves: Falconidae) // *Folia Hist. Naturalia Musei Matraensis*. 1996. V. 21. P. 5-282.

16. Tomek T., Bocheński Z. The comparative osteology of European corvids (Aves: Corvidae), with a key to the identification of their skeletal elements. Publications of the Institute of Systematics and Evolution of Animals, Kraków, 2000. 102 p.
17. Пантелеев А.В. Основные признаки для определения дистальных частей цевок воробьиных птиц // Русский орнитологический журнал. Экспресс-выпуск. 2004. Т. 13. Вып. 275. С. 961-965.
18. Пантелеев А.В. Определение семейств воробьиных птиц по дистальной части локтевой кости // Русский орнитологический журнал. Экспресс-выпуск. 2005. Т. 14. Вып. 304. С. 1033-1038.
19. Baumel J.J., Witmer L.M. Osteologia // Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium. Publ. Nuttall Ornithol. Club. № 23. Cambridge, Massachusetts: Nuttall Ornithol. Club, 1993. P. 45–132.
20. Зеленков Н.В. Номенклатура скелета птиц // Ископаемые позвоночные России и сопредельных стран. Ископаемые рептилии и птицы. Т. 3. М., ГЕОС., 2015. С. 61-85.
21. Driesch A. von den. A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites. Harvard, Peabody Museum Bulletin 1, Harvard University, 1976. 136 p.
22. Курочкин Е.Н. Методы изучения ископаемых птиц // Частные методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука, 1979. С. 152-163.
23. Dalén L., Lagerholm V.K., Nylander J.A.A., et al. Identifying Bird Remains Using Ancient DNA Barcoding // Genes. 2017. V. 8(6). 169.
24. Grealy A., Rawlence N.J. & Bunce M. Time to spread your wings: A review of the avian ancient DNA field // Genes. 2017. V. 8(7). E184.
25. Buckley M. Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS) Collagen Fingerprinting for the Species Identification of Archaeological Bone Fragments // Zooarchaeology in Practice: Case Studies in Methodology and Interpretation in Archaeofaunal Analysis. Eds C.M. Giovas, M.J. LeFebvre. Springer International Publishing AG, 2018. P. 227-247.
26. Horn I.R., Kenens Y., Palmblad N.M. et al. Palaeoproteomics of bird bones for taxonomic classification // Zoological J. Linnean Society. 2019. V. 186(3). P. 650–665.
27. Горлова Е.Н., Крылович О.А., Тиунов А.В., Хасанов Б.Ф., Васюков Д.Д., Савинецкий А.Б. Изотопный анализ как метод таксономической идентификации археозоологического материала // Археология, этнография и антропология Евразии. 2015. Т. 43(1). С. 110-121.
28. Bocheński Z.M., Tomek T., Wertz K. et al. Who ate the birds: the taphonomy of Sarakenos Cave, Greece // Archaeol. Anthropol. Sci. 2018. V. 10(7). P. 1603–1615.
29. Werning, S. Medullary bone is phylogenetically widespread and its skeletal distribution varies by taxon // Journal of Ornithology. 2018. V. 159(2). P. 527–543.
30. Mikhailov K.E. Avian Eggshells: an Atlas of Scanning Electron Micrographs // British Ornithologists' Club Occasional Publications. 1997. V. 3. P. 1-88.
31. Stewart J.R.M., Allen R.B., Jones A.K.G., Penkman K.E.H., Collins M.J. ZooMS: making eggshell visible in the archaeological record // Journal of Archaeological Science. 2013. V. 40(4). P. 1797-1804.
32. Sidell E.J. A methodology for the identification of avian eggshell from archaeological sites // Archaeofauna. 1993. V. 2. P. 45-51.
33. Schoeninger M.J. DeNiro M.J. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1984. V. 48(4). P. 625-639.
34. Fox T., Bearhop S. The use of stable-isotope ratios in ornithology // British Birds. 2008. V. 101. P. 112-130.
35. Hedges R.E.M., Stevens R.E., Koch P.L. Isotopes in bones and teeth // Isotopes in palaeoenvironmental research. Ed. Leng M.J. Dordrecht, NE: Springer, 2006. P. 117-145.
36. Thomas D.B., Fordyce R.E., Gordon K.C. Evidence for a krill-rich diet from non-destructive analyses of penguin bone // J. Avian Biology. 2013. V. 44(2). P. 203–207.

37. Wood J.R., de Pietri V.L. Next-generation paleornithology: Technological and methodological advances allow new insights into the evolutionary and ecological histories of living birds // *The Auk*. 2015. V. 132(2). P. 486–506.
38. Kuzmicheva E.A., Smyshlyaeva O.I., Vasyukov D.D. et al. A 7300-yr-old environmental history of seabird, human, and volcano impacts on Carlisle Island (the Islands of Four Mountains, eastern Aleutians, Alaska) // *Quaternary Research*. 2019. V. 91(3). P. 934-952.
39. Duda M.P., Hargan K.E., Michelutti N., Blais J.M. et al. Reconstructing Long-Term Changes in Avian Populations Using Lake Sediments: Opening a Window Onto the Past // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2021. V. 9. Article 698175.

S u m m a r y.

A brief review of existing methods for studying the remains of birds and traces of their life activity in the Holocene is given. A list of the main manuals and guides on avian osteology and main methods is given.

БАКЛАНЫ КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ

С.В. Самсонов¹, С.В. Фомин², О.А. Крылович¹, Е.А. Кузьмичева¹, Е.Г.Мамаев³,
К.А. Савина¹, О.И. Смышляева¹, А.Б. Савинецкий¹

¹ИПЭЭ РАН, г. Москва, s.v.samsonov95@gmail.com

²КФ ТИГ ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский,

³ФГБУ Национальный парк «Командорские острова», eumetopias@mail.ru.

CORMORANTS OF THE COMMANDER ISLANDS IN THE HOLOCENE

S.V. Samsonov¹, S.V. Fomin², O.A. Krylovich¹, E.A. Kuzmicheva¹, E.G. Mamaev³,
K.A. Savina¹, O.I. Smyshlyaeva,¹ A.B. Savinetsky¹

¹IPEE RAS, Moscow, s.v.samsonov95@gmail.com

²KF TIG FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky,

³FGBU National Park "Commander Islands", eumetopias@mail.ru.

Аннотация.

Морские береговые отложения о. Беринга являются доступным источником палеоэкологической информации, который может быть использован для реконструкции авифауны данного региона. На протяжении голоцена Командорские острова были населены тремя видами бакланов, один из которых - стеллеров баклан (*Phalacrocorax perspicillatus*), является вымершим на данный момент. Кости исчезнувшего вида составляют не менее трети от общего числа остатков бакланов в дюнных отложениях о. Беринга и, помимо размера, имеют выраженные морфологические признаки, отличающие его от других симпатрических видов бакланов.

Ключевые слова: Командорские острова, стеллеров баклан, краснолицый баклан, берингов баклан, *Phalacrocorax perspicillatus*, *Phalacrocorax urile*, *Phalacrocorax pelagicus*.

Исследования авифауны океанических островов в голоцене представляют особый интерес для реконструкции биоразнообразия островных экосистем и влияния на них человека. Примером антропогенного воздействия в Северной Пацифике являются острова Командорско-Алеутского архипелага - южной границы Берингова моря. На большей части Алеутских о-вов информацию о

населении птиц в прошлом можно получить с помощью изучения археозоологического материала из культурных слоёв древних поселений. Командорские о-ва являются самой западной группой островов и не были обитаемы до 18 века, поэтому получение данных по истории авифауны этой части гряды затруднено в связи с отсутствием археологических памятников. Тем не менее на о. Беринга сформировался другой тип отложений, который может быть рассмотрен в качестве альтернативного источника информации о населении птиц данного региона.

Командорские о-ва были открыты в 1741 году во время Второй Камчатской экспедиции. За сбор и описание биологических материалов в ходе плавания отвечал натуралист, адъютант естественной истории Георг Вильгельм Стеллер. В ходе экспедиции мореплаватели достигли побережья Аляски. На обратном пути, двигаясь вдоль Алеутской островной гряды, корабль «Святой Петр» потерпел крушение у одного из неизвестных островов. Позже этот остров был назван в честь погибшего на нем руководителя экспедиции, командора Витуса Беринга. Из заметок Стеллера известно, что к моменту прибытия экспедиции на остров, он был населен 3 видами бакланов, один из которых был крупнее других и не встречался ни на Камчатке, ни на других островах гряды. Отчеты о результатах экспедиции были отправлены в Императорскую академию наук в Санкт-Петербурге. По заметкам Стеллера в 1789 году, Иоганном Гмелиным был описан краснолицый баклан (*Phalacrocorax urile*), а в 1811 году Петром Палласом - берингов баклан (*Phalacrocorax pelagicus*), а также, эндемичный для Командорских островов, — стеллеров баклан (*Phalacrocorax perspicillatus*)[1].

Острова стали местом остановки и временного проживания для охотников, промысловиков, а также моряков, заходивших на остров, чтобы пополнить запасы продовольствия для дальнейшего плавания на восток. В 1825-1826 годах на Командорские о-ва были переселены алеуты для участия в пушных промыслах. Морские птицы, в частности бакланы, являлись одним из основных объектов охоты алеутов в зимнее время, так как доступ к другим источникам пропитания был ограничен [2]. Местное население острова отмечало особый вкус крупного баклана по сравнению с двумя другими видами, а оседлый образ жизни делал эту птицу лёгкой добычей.

В 1882 году на о. Беринга была отправлена экспедиция под руководством американца Леонарда Штейнегера (Leonhard Stejneger). Одной из целей поездки был поиск живых особей стеллерова баклана. Однако, со слов местных жителей стало известно, что к моменту прибытия экспедиции представителей этого вида не видели уже около 30 лет. Все что удалось найти Штейнегеру — это несколько костей стеллерова баклана в северо-западной части острова в районе мыса Песчаного. В 1890 году после находок Штейнегера управляющему Командорскими о-вами Н.А. Гребницкому было поручено провести осмотр на мысе Песчаном, с целью найти скелет исчезнувшего баклана. Тогда впервые были найдены полный череп, вилочка и ребра, принадлежащие этому виду. Через несколько лет в 1895 году Штейнегер вновь посетил о. Беринга, пополнив коллекцию костей грудиной и черепом отличной сохранности [3]. До недавнего времени, сборы Гребницкого и Штейнегера были единственными костями этого вымершего вида, находящимися в распоряжении ученых.

Предположительными причинами вымирания стеллерова баклана в 19 веке считаются перепромысел местным населением и/или эпизоотии, периодически снижающие численность бакланов на Командорских о-вах [4][5].

В 2018 году была опубликована статья об обнаружении в плейстоценовых отложениях Японии, костей, принадлежащих стеллерову баклану [6]. Данная находка свидетельствует о том, что в прошлом ареал вымершего вида был более обширным и не ограничивался Командорскими о-вами.

В 2021 году состоялась экспедиция сотрудников Лаборатории исторической экологии ИПЭЭ РАН имени А.Н. Северцова на о. Беринга. Одной из целей экспедиции был сбор остеологического материала позвоночных, в частности, костей двух вымерших в этом регионе видов — стеллерова баклана и стеллеровой коровы (*Hydrodamalis gigas*). Остатки этих видов особенно интересны, поскольку являются единственным возможным источником информации о биологии данных видов.

В северо-западной части о. Беринга осушение шельфа в совокупности с ветрами юго-восточного направления привели к формированию эоловых форм рельефа – дюнных массивов [7]. В них были обнаружены кости различных

позвоночных. Такие скопления костей могли образоваться в результате гибели животных в прибрежной зоне, последующего выноса их остатков прибоем и дальнейшего захоронения в песчаном пляже. Сборы костей проводились в дюнах, расположенных в бухтах Никольский Рейд и Китовая, а также в окрестностях Северо-Западного лежбища.

Авторами были собраны 1295 костей бакланов. В результате разбора и определения костей было установлено, что не менее 379 (~30%) костей из береговых отложений принадлежит вымершему виду (табл. 1).

Таблица 1. Список костей стеллерова баклана, хранящихся в научных коллекциях мира

Элемент скелета	США ¹	Япония ²	ЗИН РАН, Россия ³	ИПЭЭ РАН, Россия ⁴
Cranium	5	-	11	6
Mandible	2	-	2	6
Quadrate	-	1	-	1
Pterygoid	-	1	-	-
Coracoid	2	2	4	50
Scapula	-	-	-	12
Furcula	-	-	2	7
Sternum	2	-	4	7
Humerus	4	2	-	87
Ulna	1	1	-	52
Radius	-	2	-	44
Carpometacarpus	2	-	1	8
Synsacrum	3	1	3	16
Femur	1	1	1	38
Tibiotarsus	8	1	2	43
Tarsometatarsus	9	1	2	13
Vertebra	3	-	-	6
Digit III	1	-	-	1
Phalanx	-	-	-	2
Costa	-	-	+	-

¹ - Национальный музей естественной истории, Смитсоновский институт, Вашингтон, США;

² - Национальный музей природы и науки, Цукуба, Япония;

³ - Зоологический институт Российской академии наук (ЗИН РАН), Санкт-Петербург, Россия;

⁴ - Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия.

Наличие большой выборки костей каждого элемента позволяет сделать подробное морфологическое описание, а также выявить характерные

признаки, отличающие стеллерова баклана от других видов бакланов Северной Пацифики. Нами было обнаружено не менее 40 морфологических отличий и анатомических особенностей, характерных для бакланов исследуемого региона.

Определение двух других видов баклана: краснолицего и берингова по костям является затруднительным и требует особого внимания [8]. Несмотря на то, что дискриминантный анализ костей полного скелета позволяет различить два вида между собой [9], надежных морфологических признаков для определения по отдельным элементам скелета до сих пор обнаружено не было. Ранее предпринимались попытки выявления признаков, характерных для вышеперечисленных видов [10], однако данные различия не срабатывают на большой выборке костей.

Таким образом, удалось установить, что береговые отложения о. Беринга являются отличным архивом, который может быть использован для реконструкции фауны в голоцене. Командорские острова в прошлом были населены тремя видами бакланов. Кости вымершего стеллерова баклана составляют не менее трети от общего числа остатков бакланов в дюнных отложениях о. Беринга. Помимо размера, кости баклана Стеллера обладают рядом надежных морфологических признаков, отличающих его от других симпатрических видов бакланов. Два других вида: краснолицый и берингов бакланы плохо диагностируются по разрозненным элементам скелета, в связи с чем требуется дальнейшее, более пристальное изучение остеологических материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pallas P. S. *Phalacrocorax perspicillatus* // *Zoographia Rosso-Asiatica*. – 1831. – Т. 2. – С. 305.
2. Elliott H. W. *The Seal Islands of Alaska*. Washington Government Printing Office; reprinted 1976. – 1881
3. Lucas F. A. Contributions to the natural history of the Commander Islands. XI. The cranium of Pallas's Cormorant // *Proceedings of the United States National Museum*. – 1896.
4. Stejneger L. H. Results of ornithological explorations in the Commander Islands and in Kamtschatka. – US Government Printing Office, 1885. – №. 29.
5. Мараков С. В. *Природа и животный мир Командор*. М.: Наука. 184 с. – 1972.
6. Watanabe J., Matsuoka H., Hasegawa Y. Pleistocene fossils from Japan show that the recently extinct Spectacled Cormorant (*Phalacrocorax perspicillatus*) was a relict // *The Auk: Ornithological Advances*. – 2018. – Т. 135. – №. 4. – С. 895-907.
7. Разжигаева Н. Г. и др. Плейстоценовое осадконакопление в береговой зоне острова Беринга (Командорские острова). – 1997.

8. Siegel-Causey, D. Red-faced Cormorant (*Urile urile*) // *Birds of the World* (A. F. Poole and F. B. Gill, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. – 2021.
9. Rohwer S. et al. A critical evaluation of Kenyon's Shag (*Phalacrocorax [Stictocarbo] kenyoni*) // *The Auk*. – 2000. – Т. 117. – №. 2. – С. 308-320.
10. Siegel-Causey D. Phylogeny of the Phalacrocoracidae // *The Condor*. – 1988. – Т. 90. – №. 4. – С. 885-905.

S u m m a r y.

The coastal deposits of Bering Island are an accessible source of paleoecological information and can be used for avifauna reconstruction of this region. During the Holocene, the Commander Islands were inhabited by three cormorant species, one of which, the spectacled cormorant (*Phalacrocorax perspicillatus*), is currently extinct. The extinct species bones make up at least a third of the total number of cormorant remains in the coastal deposits of the Bering Island. In addition to size, it has pronounced morphological features that distinguish it from other sympatric cormorant species.

АБИОТИЧЕСКОЕ КРУПНОМАСШТАБНОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПОДВОДНОГО БЕРЕГОВОГО СКЛОНА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ САМБИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА

М.А. Смирнов¹, Д.В. Дорохов^{1,2}

¹ Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, *d_dorohov@mail.ru*

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва

ABIOTIC LARGE-SCALE LANDSCAPE MAPPING OF THE SUBMARINE NEARSHORE SLOPE OF THE SAMBIAN PENINSULA WESTERN PART

М.А. Smirnov¹, D.V. Dorokhov^{1,2}

¹ *Immanuel Kant Baltic federal university, Kaliningrad*

² *Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

Аннотация.

Ландшафтное картирование является важным инструментом в целях пространственного планирования, рационального природопользования и разработки планов устойчивого развития акваторий в условиях увеличения антропогенной нагрузки на морскую среду. Экспедиционные исследования включали многолучевую эхолотную съемку, отбор проб осадков и подводную видеосъемку. Построены детальная цифровая модель рельефа дна, карты распределения донных осадков и ландшафтов с их описанием.

Ключевые слова: донные ландшафты, многолучевая эхолотная съемка, индекс батиметрической позиции, донные осадки, Балтийское море, м. Таран.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время береговая зона и подводный береговой склон юго-восточной части Балтийского моря испытывают повышенную антропогенную нагрузку, связанную с рекреационной, берегозащитной, строительной деятельностью. В связи с этим необходимо комплексное изучение основных физико-географических и геоэкологических процессов, протекающих на морском дне и в прибрежной зоне. Ландшафтное картирование является

инструментом для отображения всех взаимосвязанных компонентов геосистемы в целях пространственного планирования, рационального природопользования и разработки планов устойчивого развития акваторий. Абиотическое ландшафтное картирование позволяет определить границы типов ландшафтов при отсутствии или недостаточном обеспечении биологическими данными.

Работа проводилась на подводном береговом склоне к западу от м. Таран (рис. 1, врезка), где отмечается высокая гидродинамическая активность и выходы на поверхность дна коренных пород [1]. Детальная съемка рельефа дна выполнялась в продолжение работ по изучению уникального района Балтики, где хорошо сохранились затопленные древние клифы [2].

Цель работы: составление ландшафтной карты участка подводного берегового склона в районе м. Таран (Юго-Восточная Балтика) на основе геолого-геофизических данных.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспедиционные исследования проводились Атлантическим отделением Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в 47-м (16.09.2021 г.-05.10.2021 г.) и 49-м (01-23.06.2022 г.) рейсах НИС «Академик Борис Петров». В районе исследования выполнялись площадная батиметрическая съемка рельефа дна многолучевым эхолотом (МЛЭ) Teledyne Reson SeaBat T50-ER (частота 150-420 кГц, 1024 луча), отбор проб поверхностных осадков дночерпателем Ван Вина и съемка дна подводной видеокамерой. Съемка и камеральная обработка данных МЛЭ, построение цифровой модели рельефа дна и мозаики обратного рассеяния акустического сигнала проводились в программе PDS2000.

Для построения ландшафтной карты по материалам съемки были выделены основные формы рельефа и определены границы распространения типов поверхностных осадков. Формы рельефа выделялись автоматически с использованием полученной детальной цифровой модели рельефа дна по результатам расчета индекса батиметрической позиции (BPI) в программе ArcGis [3]. Границы типов осадков определены путем автоматической классификации мозаики обратного рассеяния МЛЭ в ArcGis с ручной корректировкой. Типы осадков определялись по результатам отбора осадков дночерпателем и подводной видеосъемки. Итоговая карта ландшафтов строилась путем совмещения слоев в программе ArcGis.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным площадной батиметрической съемки построена подробная цифровая модель рельефа дна с разрешением 1 м (рис. 1) и мозаика обратного рассеяния МЛЭ (рис. 2). В результате совмещения выделенных форм рельефа и типов осадков построена ландшафтная карта исследуемого участка (рис. 3).

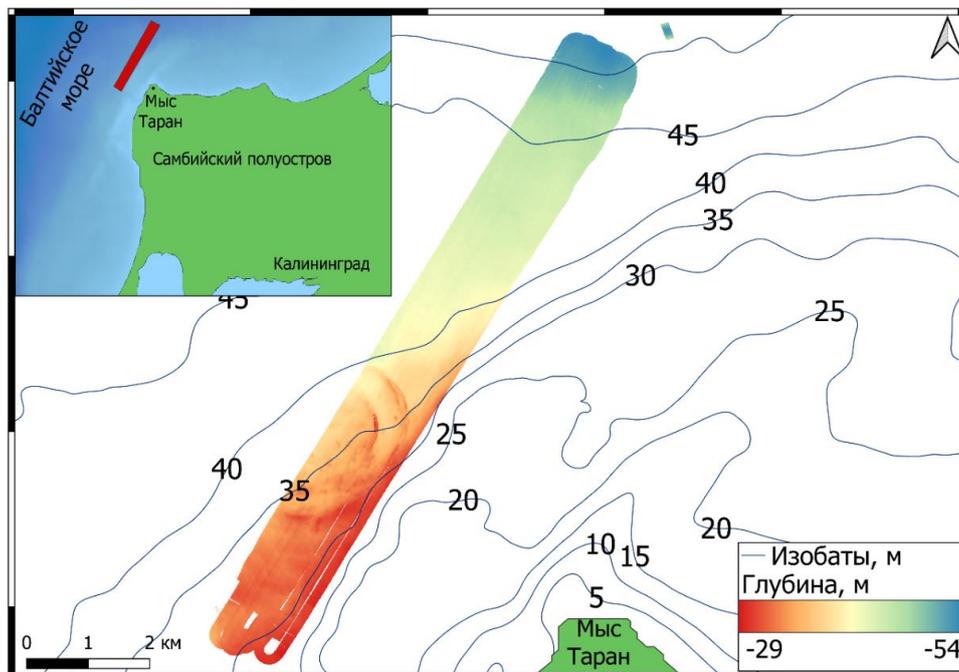


Рис. 1. Цифровая модель рельефа дна исследуемого участка. На врезке красным прямоугольником показано расположение района исследования.

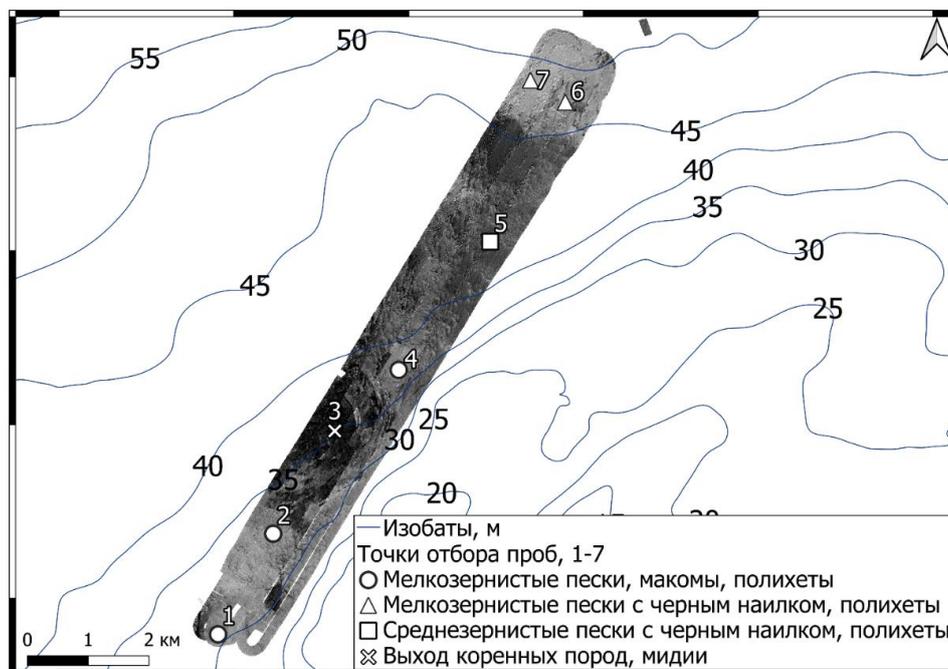


Рис. 2. Мозаика обратного рассеяния МЛЭ с нанесенными точками отбора проб поверхностных осадков.

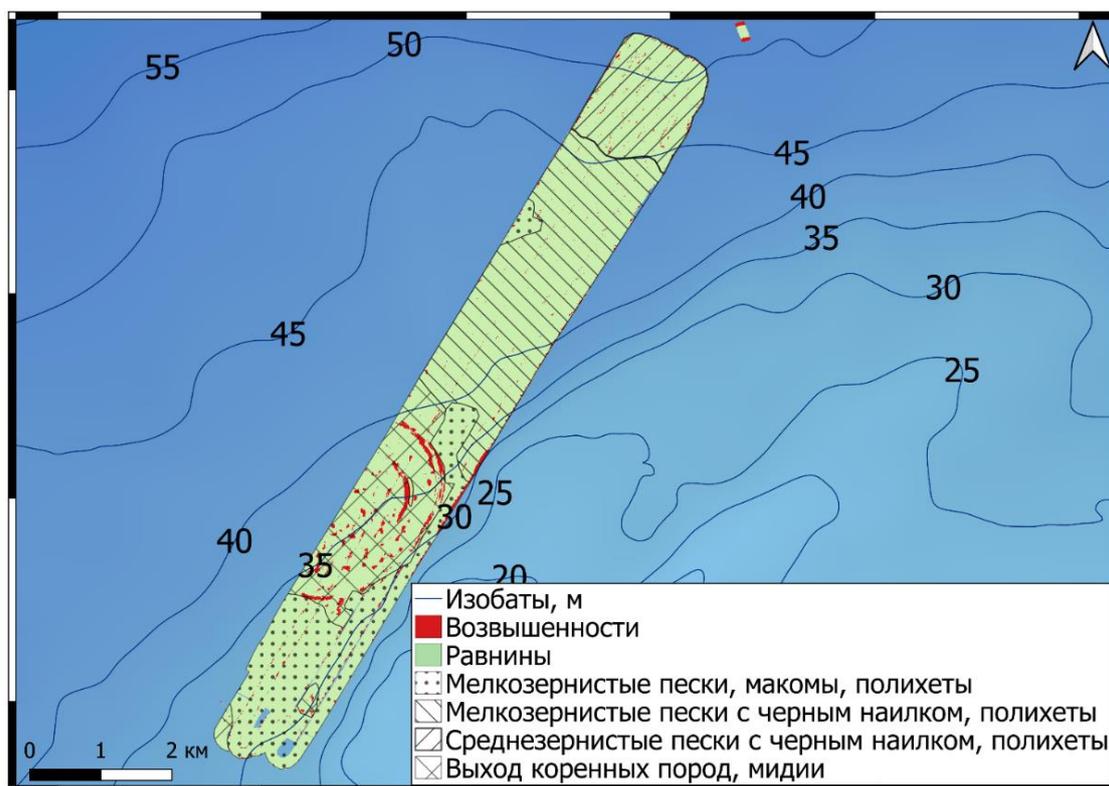


Рис. 3. Ландшафтная карта района исследования.

В районе исследования выделено 5 типов ландшафтов. Наиболее распространенный ландшафт (12 км², 80%) включает 3 типа и представлен слабонаклонной равниной, покрытой маломощными мелкозернистыми и среднезернистыми песками (рис. 3). Поскольку участок располагается у основания древнего затопленного клифа [2], вероятно среднезернистые пески также являются реликтовыми. Они сформировались на пляже и подводном береговом склоне, а в ходе трансгрессии моря были затоплены и частично размывты интенсивными придонными течениями. Отложения мелкозернистых песков и наилок могли образоваться в результате современного поступления материала с размываемых пляжей и в результате сброса пульпы Янтарного комбината. Появление наилка отмечено на глубинах более 40 м (рис. 1), где вероятно придонные течения ослабевают. Ландшафт характеризуется благоприятными условиями для обитания полихет и моллюсков, поскольку представлен рыхлым материалом и насыщенными кислородом придонными водами.

Второй по размеру ландшафт (3 км², 20%) обусловлен выходами на поверхность дна коренных пород, которые в результате избирательной

денудации представляют чередование ровных участков и линейных возвышенностей с крутыми склонами. Примечательно, что две параллельные линейные структуры имеют вогнутость с северо-запада, что обусловлено либо структурно, или депрессия между ними образована в результате ледниковой абразии (рис. 1, 3). Данный вопрос требует дополнительных исследований. Твердый субстрат на поверхности дна способствует развитию здесь прикрепленного бентоса (мидий и баянусов), что подтверждается подводной видеосъемкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы получены детальные батиметрическая, литологическая и ландшафтная карты. На основе полученных материалов выделены важнейшие абиотические компоненты морского ландшафта и проведено ландшафтное описание района исследования. Для уточнения геологического строения и добавления важнейшего биологического компонента ландшафтов необходимы дополнительные экспедиционные исследования.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН, тема №FMWE-2021-0012.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорохов Д.В., Дорохова Е.В. Литодинамические и геоморфологические особенности террасированного подводного склона Самбийского полуострова (юго-восточная часть Балтийского моря) // Вестник БФУ им. И. Канта. 2014. Вып.1. С. 30-41.
2. Dorokhov D.V., Lugovoy N.N., Dorokhova E.V., Budanov L.M., Dudkov I.Yu. Morphology and origin of the palaeo cliff area in the Sambia Peninsula nearshore (SE Baltic Sea) // Quaternary International. – 2022. – V. 630. – P. 17-33. –<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.03.025>.
3. Lundblad E.R., Wright D. J., Miller J., Larkin E.M., Rinehart R., Naar D.F., Donahue B.T., Anderson S.M., Battista T.A. Benthic Terrain Classification Scheme for American Samoa // Marine Geodesy. – 2006. – V. 29. - № 2. – P. 89-111.

S u m m a r y.

Digital bottom relief model and map of the bottom sediment of the submarine nearshore slope of the Sambian peninsula (Baltic Sea) was built based on geological and geoacoustic data. A landscape map was compiled and analyzed.

МАСШТАБЫ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГОЛОЦЕНЕ

Н.Г. Смирнов, Ю.Э. Кропачева

ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург, nsmirnov@ipae.uran.ru

THE SCALE OF THE DYNAMICS OF NATURAL PROCESSES IN THE HOLOCENE

N.G. Smirnov, Y.E. Kropacheva

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

Аннотация.

Динамические процессы в природных системах предлагается относить к одному из трех временных масштабов – эволюционному, историческому и актуальному. Обсуждаются принципы и методы такого разделения главным образом на примерах изменения состава и структуры фаун млекопитающих в позднем плейстоцене и голоцене. Показана аналогия пространственных различий и масштабов временной динамики (зональные различия – эволюционный масштаб, подзональные различия – исторический масштаб, внутриокружные различия – актуальный масштаб).

Ключевые слова: долговременная динамика, голоцен, фауны млекопитающих, масштабы, зональные комплексы.

Цель работы – обсудить принципы и методы разделения динамических процессов в природных системах в соответствии с их принадлежностью к тому или иному временному масштабу. Важность оценки временных масштабов динамики была очевидна всегда, но в последние десятилетия стала особенно насущна в связи с необходимостью соотнесения наблюдаемого ныне потепления с климатическими трендами прошлых столетий и тысячелетий и реакции на них разных природных систем. Эта задача наиболее адекватно решена на дедхронологических материалах при получении сверхдлительной древесно-кольцевой хронологии по ширине годовых колец. После того как была выполнена более чем 7 тысячелетняя реконструкция летней температуры, сглаженная 200-летним фильтром стала очевидной хронологическая структура динамики разных масштабов [1]. Такие исследования пока являются уникальными, но временная динамика природных процессов в голоцене с той или иной степенью подробности реконструируется на разнообразных материалах.

В основе работы находится принцип соответствия пространственных и временных масштабов, разработанный и широко используемый в ландшафтной экологии [2]. Его применение адаптировано для задач, поставленных в данной работе, где сведения о пространственных масштабах биогеографических подразделений используются для поисков их соответствий той или иной

временной динамике. Методические приемы и процедуры, принятые в данной работе, недавно подробно описаны и опубликованы [3]. Материалами для оценки масштабов динамики служат остеологические сборы из раскопок орнитогенных местонахождений в карстовых полостях, имеющие оценки возраста в пределах позднего плейстоцена и голоцена и расположенных в сопряженных районах. Парные сравнения списков видов и частот их остатков проводятся с применением показателя сходства Л.А. Животовского [4]. Расчеты проводят не по всем обнаруженным таксонам. Основной задачей описания динамики фаун является оценка глубины их преобразования, и в этой процедуре определяющим элементом служит наземная (плакорная) часть населения, так как именно по ней оцениваются зональные характеристики [5]. Остальные элементы – виды из околородной, агрополевой, синантропной групп бесполезны для решения поставленной задачи и исключались из анализа. При расчетах экологических показателей сходства зональные виды группируются в следующие категории: 1) таежные; 2) лесолуговые; 3) луговые; 4) лугово-степные; 5) степные; 6) тундровые. Частоты встречаемости особей соответствующих видов суммируются в пределах каждой категории и по этим значениям производятся дальнейшие вычисления. Показатели таксономического сходства высчитываются по частотам встречаемости особей видов, общих для сравниваемых фаун, из тех, что вошли в список зональных видов. Показатели сходства и величины пространственных различий современных фаун из районов, находящихся в разных ботанико-географических подразделениях (окружного, подзонального, зонального уровней) использованы для сравнения с величинами временной динамики.

Актуальный масштаб динамики. В общем смысле термин «актуальный» понимается как «важный в условиях текущего момента, существующий, проявляющийся в действительности». Для динамики состава сообществ в актуальном масштабе характерна полная обратимость, относительно меньшая (по сравнению с исторической динамикой) длительность.

Примером динамики в актуальном масштабе может служить переход фауны горизонта 3 в фауну горизонта 2 грота Нижнеиргинский [6], возраст которых различается на 1780 лет, а показатели экологического и таксономического сходства соответственно равны 0.99 и 0.94, т.е. близки к единице. Такие значения отражают обратимые сдвиги относительной

численности некоторых видов при постоянстве основных зональных. Аналогом такой динамики может служить уровень пространственного сходства, который демонстрируют современные фауны, находящиеся внутри одних ботанико-географических округов. Для количественного сравнения удалось подобрать 5 пар таких современных фаун. Показатели их экологического сходства варьировали от 0.94 до 0.99 (среднее 0.97), а таксономического – от 0.84 до 0.98 (среднее 0.90). **Исторический масштаб** – выражение, часто употребляемое по отношению к значительным событиям, когда хотят подчеркнуть, что с одной стороны они выходят за рамки повседневности, а с другой «недоотягивают» до эволюционного уровня. Более строгое определение исторического масштаба включает такие характеристики как частичная обратимость преобразований, не достигающая уровня смены зонального типа. Большой уровень сходства по сравнению с межзональным демонстрируют фауны, которые расположены в пределах одной зоны, но в разных подзонах. Так, при сравнении 23 пар современных фаун, находящихся в северной, средней и южной тайге, экологическое сходство варьировало от 0.51 до 0.97 при среднем 0.83, а таксономическое было равно от 0.34 до 0.91 при среднем 0.65. Такое пространственное сходство фаун на подзональном уровне позволяет искать в подобном интервале соответствующие аналоги среди сравнений фаун разного возраста. Именно в эти интервалы значений попадает сходство ряда голоценовых фаун с разницей в возрасте 3-8 тыс. лет. Эта временная динамика относится к историческому масштабу, так как состав фаун при этом меняется не кардинально, а за счет редких и очень редких видов при постоянстве доминантов. **Эволюционный масштаб динамики**. Когда хотят подчеркнуть существенность происходящих изменений, их фундаментальный характер и необратимость, то говорят об эволюционных преобразованиях. Есть примеры динамики, которые не оставляют сомнений в том, что их следует по определению относить к эволюционному масштабу. Это, например, необратимый переход от одного биостратиграфического комплекса к другому. Определения биостратиграфического комплекса для четвертичной палеонтологии введены В.И. Громовым [7], а позднее уточнены и четко сформулированы Э.А. Вангенгейм [8]. В их основе находятся два критерия. Первый биогеографический. Это комплекс видов, не повторяющийся во времени, характерный для каждой палеозоогеографической подобласти. Второй

критерий связан с присутствием только этому комплексу свойственной стадии эволюционного развития в одной или нескольких филетических линиях. В тех случаях, когда возникает необходимость уточнения степени отличий одного комплекса от другого, нами используется количественная оценка сравниваемых фаун. Необратимость динамики происходит за счет вымирания одних видов или подвидов и появления других.

16 пар сравнений современных фаун из местонахождений, расположенных в таежной зоне Урала, имеют показатели экологического сходства с фаунами из лесостепной зоны Зауралья – от 0.28 до 0.75, в среднем 0.52. Показатели таксономического сходства при том же сравнении оказались еще меньше – от 0.03 до 0.54 при среднем 0.28, что отражает кардинальное различие в видовом составе. Это дает основание при сравнениях разновременных фаун, получив аналогичные величины показателей сходства, считать такие фауны принадлежавшими к разным зональным типам. Именно такой уровень сходства дает сравнение современной таежной фауны из грота Ёква с позднеплейстоценовой фауной из пещеры Аракаево VIII (их различие в возрасте составляет около 19 тыс. лет). Доля лугово-степных, степных и тундровых видов в Аракаево VIII составляет 94%, тогда как в отложениях грота Ёква виды этих групп отсутствуют. Не столь радикальную динамику, но вполне сопоставимую с межзональными различиями демонстрирует сравнение таежной фауны из Ёквы с фауной из слоя 11 грота Дыроватый Камень на р. Серга (разница в возрасте около 9 тыс. лет). Отсутствующие в таежной фауне Ёквы виды из луговостепной, степной и тундровой групп в слое 11 Дыроватого Камня составляют по доле остатков 68%. Приведенные примеры убеждают в правомочности аналогии межзональных пространственных различий и временной динамики эволюционного масштаба; подзональных различий и исторической динамики; внутриокружных различий и динамики актуального масштаба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hantemirov R.M., Corona C., Guillet S., Shiyatov S.G., Stoffel M., Osborn T.J., Melvin T.M., Gorlanova L.A., Kukarskih V.V., Surkov A.Y., von Arx G., Fonti P. Current Siberian heating is unprecedented during the past seven millennia // *Nature Communications*. 2022. Doi: 10.1038/s41467-022-32629-x.
2. Delcourt H.R., Delcourt P.A. Quaternary landscape ecology: relevant scales in space and time. *Landscape Ecology*. 1988. V. 2. P. 23-44.

3. Смирнов Н. Г., Кропачева Ю. Э. Временные масштабы динамики сообществ грызунов и их соотношение с уровнями пространственных различий фаун // Экология. 2022. № 3. С. 202–210.
4. Животовский Л.А. Показатель сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общ. биол. 1979. Т. 40. № 4. С. 587–601.
5. Чернов Ю.И. Природная зональность и животный мир суши. М.: Мысль, 1975. 222 с.
6. 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. V. 546. P. 160–169.
7. Громов В.И. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР (Млекопитающие, палеолит) // Тр. ин-та геол. наук. Геол. серия. 1948. Вып. 64. № 17. С. 1-520.
8. Вангенгейм Э.А. Определение фаунистического комплекса, критерии выделения // Стратиграфия СССР. Четвертичная система. Полутом 1. М.: Недра, 1982. С. 265-267.

S u m m a r y.

Dynamic processes in natural systems are proposed to be attributed to one of three time scales - evolutionary, historical and actual. The principles and methods of such separation are discussed mainly on the examples of changes in the composition and structure of mammalian faunas in the Late Pleistocene and Holocene. The analogy of spatial differences and the scales of temporal dynamics is shown (zonal differences are the evolutionary scale, subzonal differences are the historical scale, intra-circle differences are the actual scale).

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСКОПАЕМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ КАЗАРОК В ГОЛОЦЕНЕ

Н.А. Соколова¹, О.А. Крылович¹, А.А. Лисенкова², А.Б. Савинецкий¹,
П.А. Сорокин¹, Б.Ф. Хасанов¹, М.В. Холодова¹

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва,

²МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,

GENETIC CHARACTERISTICS OF ECOLOGICAL FORMS OF THE HOLOCENE CACKLING GEESE

N.A. Sokolova¹, O.A. Krylovich¹, A.A. Lisenkova², A.B. Savinetsky¹,
P.A. Sorokin¹, B.F. Khasanov¹, M.V. Kholodova¹

¹A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Аннотация.

Впервые получены последовательности фрагментов мтДНК для 11 образцов костей казарок *Branta hutchinsii leucopareia* из археозоологического материала с Алеутских о-вов (штат Аляска, США) возрастом 7000–300 лет. Описано восемь гаплотипов контрольного региона мтДНК. Идентичные гаплотипы описаны для образцов разных периодов и с разных островов. Наиболее отличными от современных оказались сиквенсы образцов *B. h. leucopareia* возрастом 7000 лет.

Ключевые слова: древняя ДНК, голоцен, Алеутские острова, *Branta hutchinsii*, экологические формы, стабильные изотопы, митохондриальная ДНК

В связи с разнообразной деятельностью человека и его влиянием на экосистемы Земли в последнее время возникают проблемы вымирания видов животных и потери биологического разнообразия. Особенно заметно это в случае островных экосистем, где ограниченные по размеру экосистемы и их компоненты не успевают адаптироваться к влиянию человека. Часто виды или подвиды животных, успешно существовавшие в голоценовых экосистемах, с началом «хозяйственной» активности человека вымирают с такой скоростью, что остаются неизвестными науке. Часто единственной возможностью что-то узнать о существовании таких таксонов и их экологических особенностях является археозоологический материал. Этот материал можно использовать для реконструкции состояния экосистем в целом, или истории отдельных видов животных. В последнее время вдобавок к классическим появились методы, позволяющие реконструировать особенности питания животных в прошлом (метод анализа содержания стабильных изотопов биогенных элементов) и особенности генетической структуры древних популяций (метод анализа палеодНК).

Интересным районом с точки зрения истории динамики островных экосистем являются Алеутские острова (штат Аляска, США). Начиная с 9000 л.н. на островах жило аборигенное население морских охотников и собирателей. На территории древних поселений, которые могли существовать на одном месте в течение сотен, а иногда и тысяч лет, накапливались кости промысловых животных. В этот период антропогенная нагрузка на экосистемы была относительно небольшой, и археозоологический материал из культурных слоёв древних поселений можно использовать для оценки естественного состояния популяций млекопитающих, птиц и рыб. С 18 века острова стали осваиваться русскими промышленниками для добычи пушнины.

Освоение островов сказалось на алеутском подвиде малой канадской казарки (*Branta hutchinsii leucopareia*). Этот подвид гнездится на Алеутских островах, а на зиму улетает в Орегон и Калифорнию [1]. Этот таксон практически исчез на Алеутской гряде в результате искусственного заселения практически всех островов песцами и лисами в 18–20 вв. [2]. Только в 1962 году была обнаружена небольшая колония этого вида на о. Булдырь, на который песца не выпускали [3]. В результате специальной программы по истреблению песца на островах и реинтродукции алеутской казарки, численность этого вида сильно

выросла – с 790 особей в 60-е годы прошлого столетия до более 100 тысяч в настоящее время [1].

Исследование особенностей археозоологического материала на предмет трофических предпочтений казарок Алеутских о-вов методом анализа содержания стабильных изотопов азота и углерода в коллагене костей показали, что в голоцене существовало две экологические группировки, отличавшиеся пищевыми предпочтениями [4]. Было высказано предположение о существовании двух экологических групп алеутских казарок с питанием в разных биотопах: 1) кустарничковых тундрах с растительными кормами с низким содержанием ^{15}N ; 2) злаково-осоковых сообществах с питанием злаками и осоками. В наши дни алеутские казарки мигрируют на зимовки в области, где в их диету не входят объекты, похожие по изотопному составу на вересковые. Таким образом, мы можем предположить, что экологическая группа с питанием вересковыми могла находиться на островах круглогодично и не совершать сезонных миграций, свойственных современным представителям алеутских казарок.

Цель данной работы - изучить генетические особенности двух экологических форм казарок Алеутских о-вов в голоцене с помощью анализа мтДНК. В работе использован остеологический материал, собранный при археологических раскопках древних алеутских поселений.

Для генетического анализа были выбраны кости от казарок двух экологических групп, тип питания которых был определён ранее методом анализа стабильных изотопов ($N=29$). В ходе работы были подобраны и апробированы специфичные праймеры для митохондриальных маркеров *B. h. leucopareia* (ND2, CytB, контрольный регион), как опубликованные ранее, так и составленные впервые, позволяющие эффективно амплифицировать древнюю ДНК представителей изучаемого подвида. Всего было получено 11 нуклеотидных последовательностей контрольного региона мтДНК длиной 150 п.н. для 11 образцов костных останков казарок с Алеутских островов.

Число вариабельных сайтов (замен) в общем выравнивании длиной 150 п.н. составило 11, из них 8 были парсимониально-информативными. По результатам построения сети гаплотипов по контрольному региону мтДНК для нашей выборки описано восемь гаплотипов, два из которых (H1 и H2), были представлены в двух и трёх образцах, соответственно. Остальные гаплотипы

были уникальными. Гаплотип H1 был описан для образцов с разных островов и разных периодов. Гаплотип H2 был описан для трех образцов с о. Адак. Таким образом, идентичные гаплотипы были описаны для образцов разного возраста и в некоторых случаях с разных островов. На примере о. Адак было проведено сравнение образцов с существенными различиями в возрасте (500 и 7000 лет). Между образцами различных возрастов были выявлены генетические различия. На филогенетических деревьях самые древние образцы (7000 лет) заняли базальную позицию.

Выделение и анализ ДНК из костных остатков птиц из археологического памятника возрастом около 7000 лет является уникальным результатом для отечественной палеогенетики. Ранее проводилось исследование митохондриального маркера домашних кур [5], однако в целом исследования древнего материала птиц не являются на данный момент развитым направлением палео- и археогенетики в России. Зарубежные исследования древнего материала птиц также остаются немногочисленными среди других работ в области палеогенетики [6], и в особенности малочисленными среди публикаций по птицам являются работы по представителям рода *Branta* при условии серьезных систематических ревизий [7, 8]. В связи с этим особенную ценность представляет получение последовательностей митохондриальных маркеров древних представителей данного рода, т.к. это позволит не только увеличить наше знание о его филогенетике и систематике, но и получить надежно работающие праймеры и маркеры для дальнейшего определения материала, для которого иной способ определения не может быть применен.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №20-29-01013 Древняя ДНК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mini A.E., Bachman D.C., Cocke J., Griggs K.M., Spragens K.A., Black J.M. Recovery of the Aleutian Cackling Goose *Branta hutchinsii leucopareia*: 10-year review // Wildfowl. 2011. V. 61. P. 3–29.
2. Bailey E.P. Introduction of Foxes to Alaskan Islands - History, Effects on Avifauna, and Eradication. US Department of the Interior Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 1993 (Resource Publication 193). P. 13–53.
3. Jones R.D. Jr. Buldir Island, site of a remnant breeding population of Aleutian Canada Geese // Annual Report Wildfowl Trust. 1963. V. 14. P. 80–84.
4. Савинецкий А.Б., Васюков Д.Д., Горлова Е.Н., Крылович О.А., Тиунов А.В., Хасанов Б.Ф., 2016. Внутри- и межвидовая экологическая дифференциация видов в голоцене (на примере гусей Берингоморья). Динамика Современных Экосистем в Голоцене: Материалы

- IV Всероссийской Научной Конференции. 2016:57-59. Note: Отв. ред. С.Н. Удальцов. Товарищество научных изданий КМК. – Москва.
5. Галкина С. А. и др. Кости домашней курицы из археологических раскопок на территории Северо-Запада России: анализ ископаемой ДНК // Археология и история Пскова и Псковской земли. 2017. Т. 32. С. 367-374.
6. Grealy A., Rawlence N. J., Bunce M. Time to spread your wings: a review of the avian ancient DNA field // *Genes*. 2017. V. 8. №. 7. P. 184.
7. Paxinos E. E. et al. mtDNA from fossils reveals a radiation of Hawaiian geese recently derived from the Canada goose (*Branta canadensis*) // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. V. 99. №. 3. P. 1399-1404
8. Wilson B.J. и др. Genetic and archaeological evidence for a former breeding population of Aleutian Cackling Goose (*Branta hutchinsii leucopareia*) on Adak Island, central Aleutians Alaska // *Can. J. Zool.* 2011. V. 89. № 8. P. 732–743.

S u m m a r y.

For the first time, sequences of mtDNA fragments were obtained for 11 bone samples of *Branta hutchinsii leucopareia* geese from archaeozoological material from the Aleutian Islands (Alaska, USA) aged 7000 - 300 years. Eight haplotypes of the mtDNA control region have been described. Identical haplotypes are described for samples from different periods and from different islands. The sequences of 7000-year-old samples turned out to be the most different from modern ones.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАГНОСТИЧНЫХ ЗУБОВ *CLETHRIONOMYS RUTILUS* ИЗ ПЕЩЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, РОССИЯ)

А.О. Усольцева

*Институт Экологии Растений и Животных, УрО РАН
Екатеринбург, Россия; email: usoltseva_ao@ipae.uran.ru*

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS DIAGNOSTIC TEETH OF *CLETHRIONOMYS RUTILUS* FROM CAVE DEPOSITS (FAR EAST, RUSSIA)

A.O. Usoltseva

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

Аннотация.

Высокая вариабельность дентальных признаков у полевок, таких как морфометрические показатели, позволяют использовать эти признаки при изучении внутривидовой и межвидовой изменчивости, как у современных, так и у ископаемых форм. Традиционным методом для изучения морфологической изменчивости зубов полевок является морфометрический анализ. В рамках данной работы проанализированы морфометрические признаки щечных зубов *Clethrionomys rutilus* из голоценовых отложений двух пещер, расположенных на Дальнем Востоке. Были выявлены различия в размерах длины и ширины коронки диагностичных моляров (m1 и M3) *Clethrionomys rutilus* из разных пещер. Данные результаты совпадают с ранее полученными нами результатами по красносерой полевке (*Craseomys rufocanus*) из этих же местонахождений.

Ключевые слова: m1, M3, моляры, красная полевка, размерные характеристики, голоцен.

Морфологические характеристики щечных зубов полевичьих несут информацию о таксономической принадлежности полевок, что позволяет идентифицировать ископаемые остатки этой группы по изолированным молярам. Высокая вариабельность дентальных признаков, таких как морфометрические показатели, позволяют использовать их при изучении внутривидовой и межвидовой изменчивости у полевок в пространстве и во времени [1, 4, 6].

Красная полевка (*Clethrionomys rutilus*) – широкоареальный вид группы лесных полевок, являющийся типичным представителем фауны таежной зоны [3]. В дальневосточной части ареала выделяют 4 подвида красной полевки по морфологическим признакам [2, 3]. Зона высокой плотности популяции этого вида в Приморском Крае отмечена в лесах северного и среднего Сихотэ-Алиня [2].

В горной системе Сихоте-Алинь, расположено около 300 найденных пещер. В южной части гряды, расположена пещера Медвежий Клык, представляющая собой наиболее хорошо сохранившийся комплекс мелких млекопитающих Северо-Восточной Азии [7]. На среднем Сихотэ-Алине расположена пещера Тетюхинская, также представляющая комплекс мелких млекопитающих, но с меньшей сохранностью костных остатков [8].

В рамках данной работы проанализированы морфометрические признаки щечных зубов (m1 и M3) *Clethrionomys rutilus* из голоценовых отложений двух пещер, расположенных на Дальнем Востоке России (п. Медвежий Клык N=170; п. Тетюхинская N=35). В пещере Медвежий Клык были получены радиоуглеродные даты, методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS), соответствующие трем периодам голоцена: поздний, средний и ранний [7]. В пещере Тетюхинская костный материал является переотложенным и, следовательно, перемешан на разных глубинах. Согласно нашим предыдущим исследованиям, к голоценовым, предположительно относятся моляры белого цвета [8].

Традиционными методами для изучения морфологической изменчивости зубов полевок является морфометрический анализ [4]. В анализ включены размерные параметры длины и ширины моляров. Для учета возрастной изменчивости моляры классифицированы по онтогенетическим стадиям (согласно М. А. Фоминых [6]).

Был проведён сравнительный анализ длины и ширины диагностических моляров (m1 и M3) красной полевки из отложений пещеры Медвежий Клык относящихся к разным периодам голоцена. Выявлено, что по длине и ширине m1 и M3 красной полевки различий нет, значение критерия Краскела-Уоллиса (H) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Попарное сравнение длины и ширины коронки m1 и M3 из отложений разных периодов голоцена п. Медвежий Клык

Категория зуба	Параметр	Онтогенетическая стадия зуба	
		5-я 7-я	8-я и 9-я
m1	Длина (L)	H =1,08-2,53; p=0,11-0,77	H =1,33-2,95; p=0,08-0,25
	Ширина (W)	H =0,32-1,91; p=0,17-0,57	H =1,03-2,95; p=0,13-0,31
		5-я	8-я и 9-я
M3	Длина (L)	H =0,22-2,0; p=0,16-0,64	H =0,2-2,33; p=0,13-0,66
	Ширина (W)	H =1,15-1,58; p=0,21-0,28	H =0,06-2,95; p=0,13-0,83

Для оценки размаха изменчивости морфометрических признаков у моляров красной полевки был проведен сравнительный анализ длины и ширины моляров из пещеры Тетюхинская и пещеры Медвежий Клык. Выявлено, что размерные характеристики диагностических моляров на 8-ой и 9-ой онтогенетических стадий (имеются корни и признаки стертости жевательной поверхности коронки) не имеют различий в пределах голоцена из изученных пещер: длина m1 (H= 0,86-7,62; p=0,06-0,35), ширина m1 (H= 0,03-1,76; p=0,18-0,95); длина M3 (H= 0,01-0,32; p=0,56-0,93), ширина M3 (H= 0,32-1,8; p=0,18-0,57).

Моляры дефинитивной стадии (5-я и 7-я онтогенетическая стадия) из пещеры Тетюхинская имеют отличия по морфометрическим признакам от моляров из пещеры Медвежий Клык. Различия длины и ширины моляров из пещеры Тетюхинская в сравнении моляров из пещеры Медвежий Клык наблюдаются в отложениях среднего и раннего голоцена. Первые нижние моляры пещеры Медвежий клык имеют большие размеры (H= 3,13-6,96; p=0,01-0,08) в сравнении с молярами из отложений пещеры Тетюхинская (рис. 1). Третьи верхние моляры пещеры Медвежий клык имеют меньшие размеры длины (H= 5,34-5,63; p=0,01-0,02) (рис. 2) и меньшие размеры ширины из отложений раннего голоцена (значение близкое к значимому H (1, N=23) =3,3; p=0,06) (рис. 2).

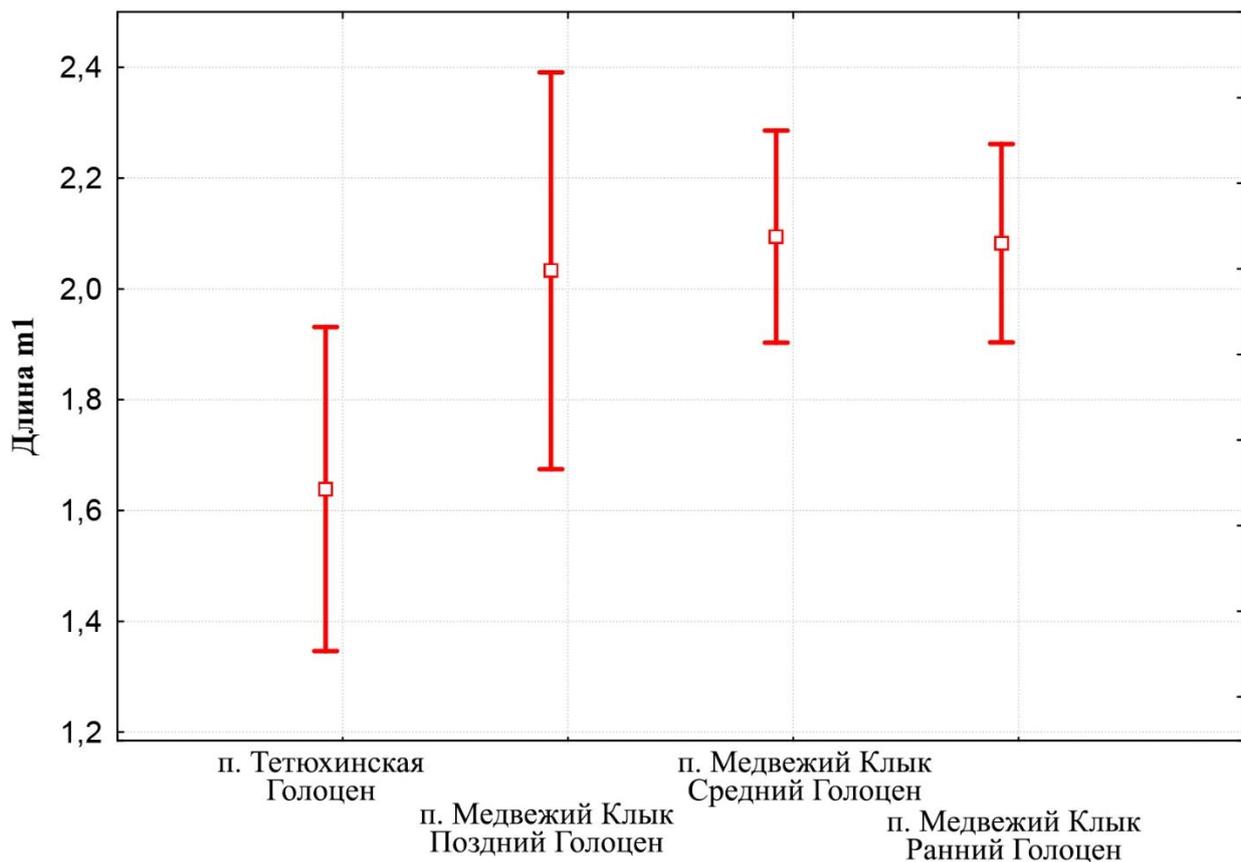


Рис. 1. Средние значения и доверительный интервал размерных характеристик m1 (на примере длины) ископаемых *Cl. rutilus* из голоценовых отложений пещер Дальнего Востока ($M \pm SD$).

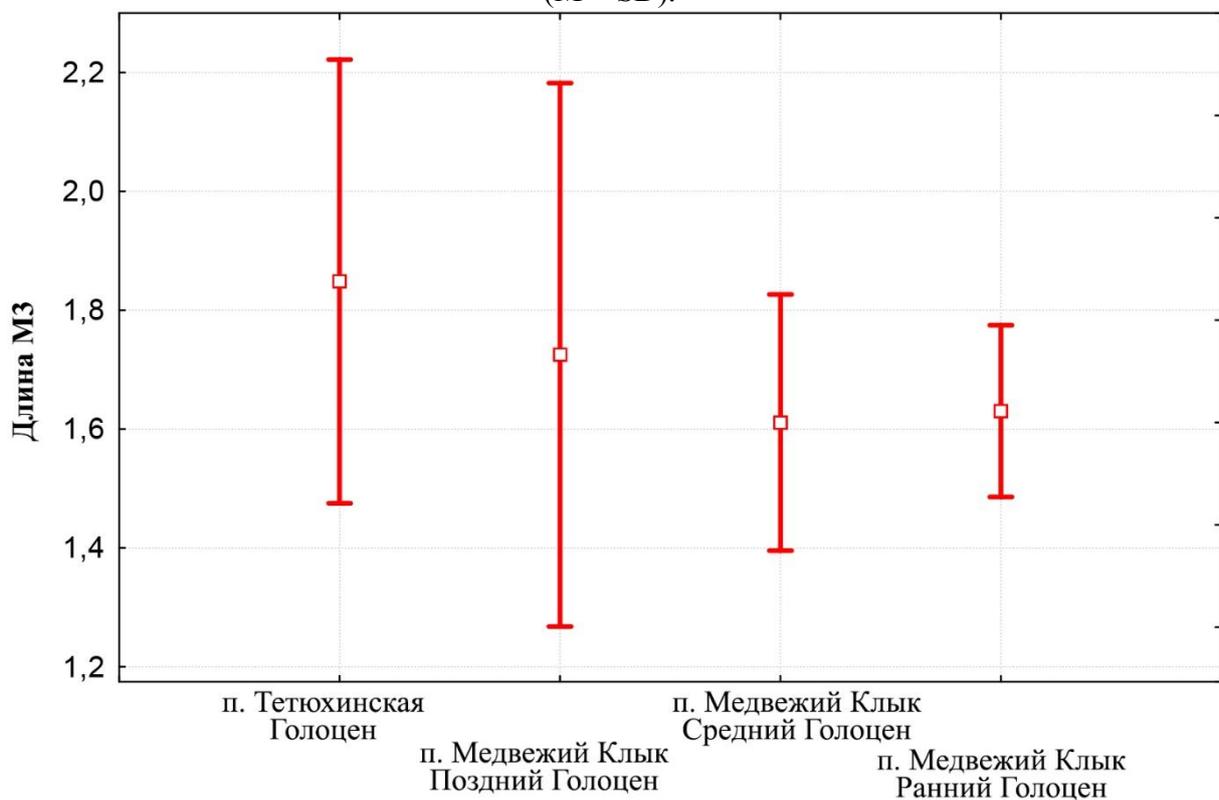


Рис. 2. Средние значения и доверительный интервал размерных характеристик M3 (на примере длины) ископаемых *Cl. rutilus* из голоценовых отложений пещер Дальнего Востока ($M \pm SD$).

При сравнении двух изучаемых пещер выявлены различия в размерах длины и ширины коронки диагностичных моляров *Clethrionomys rutilus* из отложений голоцена. Линейные размеры первых нижних моляров из отложений среднего и раннего голоцена больше, в то время как линейные размеры третьих верхних моляров – меньше в пещере Медвежий Клык в сравнение с голоценовыми отложениями пещеры Тетюхинская.

Полученные результаты могут объясняться разными природными условиями на протяжении голоцена. Данные результаты совпадают с ранее полученными нами результатами по красно-серой полевке (*Craseomys rufocanus*) из этих же местонахождений [5].

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЭРиЖ УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бородин А. В. Полевки (*Arvicolinae, Rodentia*) Урала и Западной Сибири (эоплейстоцен–современность): дис...докт. биол. наук. – Екатеринбург, 2012. – С. 201–231.
- 2 Костенко В. А. Грызуны (*Rodentia*) Дальнего Востока России // Владивосток: Дальнаука. – 2000. – Т. 210. – С. 9.
- 3 Огнев С. И. Звери СССР и прилежащих стран // Грызуны. М. : АН : – 1950. – Т. 7. – 323 с.
- 4 Смирнов Н. Г., Большаков В. Н., Бородин А. В. Плейстоценовые грызуны Севера Западной Сибири. – М. : Наука, 1986. – С. 70–113.
- 5 Усольцева А.О. Фоминых М.А. Морфологические характеристики щечных зубов *Craseomys rufocanus* из голоценовых и позднеплейстоценовых отложений пещер на Дальнем Востоке России // Млекопитающие в меняющемся мире: актуальные проблемы териологии (XI съезд Териологического общества при РАН). Материалы конференции с международным участием, 14-18 марта 2022г. / ИПЭЭ РАН – Москва: «КМК», 2022. – 430 с.
- 6 Фоминых М. А. Изменчивость краниальных и одонтологических признаков лесных полевок (род *Clethrionomys*) Урала : дис...канд. биол. наук. – Екатеринбург, 2011. – С. 15–68.
- 7 Omelko V. E., Kuzmin Y. V., Tiunov M. P., Voyta L. L., Burr G. S. Late Pleistocene and Holocene small mammal (*Lipotyphla, Rodentia, Lagomorpha*) remains from Medvezhyi Klyk Cave in the Southern Russian Far East //Труды Зоологического института РАН. – 2020. – V. 324, №. 1. – С. 124–145.
- 8 Fominykh M.A. Usoltseva A.O., Tiunov M.P., Borodin A.V. Taphonomic analysis of *Craseomys vole* remains from the late Pleistocene and Holocene cave deposits of the Russian Far East//Quaternary Stratigraphy – palaeoenvironment and humans in Eurasia. Proceedings of INQUA SEQS 2020 Conference, Wroclaw, Poland. University of Wroclaw 2021. P-27.

S u m m a r y.

Fossil material from the deposition of the Medvezhiy Klyk Cave and Tetyukhinskaya Cave was studied. A total of 205 fossil molars *Clethrionomys rutilus* were studied from the deposits of the investigated caves. Medvezhiy Klyk Cave M3 had a smaller sizes comparing with Holocene deposits from the Tetyukhinskaya Cave. Medvezhiy Klyk Cave, m1 had a larger sizes comparing with Holocene deposits from the Tetyukhinskaya Cave.

СОБЫТИЯ МИЯКЕ, НОВАЯ КАЛИБРОВОЧНАЯ КРИВАЯ И РАДИОУГЛЕРОДНЫЕ ДАТИРОВКИ С ТОЧНОСТЬЮ В ОДИН ГОД: ВКЛАД ЯМАЛЬСКОЙ СВЕРХДЛИТЕЛЬНОЙ ХРОНОЛОГИИ

Р.М. Хантемиров¹, В.В. Кукарских²

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, rashit@ipae.uran.ru

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, voloduke@mail.ru

MIYAKE EVENTS, A NEW CALIBRATION CURVE, AND RADIOCARBON DATING WITH ONE YEAR PRECISION: THE CONTRIBUTION OF THE YAMAL SUPER-LONG CHRONOLOGY

R.M. Hantemirov^{1,2}, V.V. Kukarskih^{1,2}

¹Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Ekaterinburg

²Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация.

Обнаружение нескольких «событий Мияке», т.е. всплесков изотопа ^{14}C в годичных кольцах деревьев, когда его содержание резко повышается в течение одного-двух лет, привело к пониманию необходимости создания калибровочной радиоуглеродной кривой для голоцена с разрешением в один год. Для реализации этой цели используются древесные кольца полуископаемых лиственниц Ямала. Создание такой калибровочной кривой позволит значительно, в некоторых случаях до одного года, повысить точность радиоуглеродных датировок.

Ключевые слова: древесные кольца, радиоуглерод, события Мияке

Десять лет тому назад была опубликована статья в журнале Nature [1], под авторством четырех сотрудников университета Нагойи в Японии, где первым автором была аспирантка Фуса Мияке. Изучая содержание изотопа углерода-14 в отдельных годичных кольцах двух деревьев криптомерии японской (*Cryptomeria japonica*) они обнаружили резкий скачок активности радиоуглерода (позже получивший название «событие Мияке») в кольцах, которые образовались в 775 году н.э. Этот рост был настолько высоким, что авторы посчитали, что такой скачок нельзя объяснить последствиями крупной солнечной вспышки или взрыва сверхновой звезды.

Статья вызвала большой резонанс в среде исследователей разных направлений. Было показано, что рост ^{14}C такой интенсивности все-таки может быть объяснен солнечной вспышкой. Дендрохронологи взялись воспроизвести эти результаты с помощью анализа годичных колец деревьев из других регионов. Очень быстро, в течение нескольких месяцев, они убедились, что данные воспроизводятся. Резкий подъем содержания радиоуглерода в тот же 775 год был обнаружен в годичных кольцах дуба из Германии [2], лиственницы с Ямала и сосны из Калифорнии [3].

Позднее было показано [4], что деревья из примерно 40 районов мира синхронно ответили скачком ^{14}C на вземные сигналы 775 и, открытого чуть позже, 993 года. Многочисленные попытки найти с помощью анализа древесных колец другие подобные следы солнечных супервспышек в прошлом привели к убедительному обнаружению событий 660, 5259 и 7176 г. до н.э. Требуются подтверждения из других районов для более слабых подъемов содержания ^{14}C в 5410 г. до н.э. и 1052 и 1279 г. н.э. Для обнаружения и подтверждения двух из перечисленных событий, 5259 г. до н.э. и 775 г. н.э., использовались годовичные кольца полуископаемых деревьев Ямала, датированные с помощью 8768-летней древесно-кольцевой хронологии [5] (рис. 1).

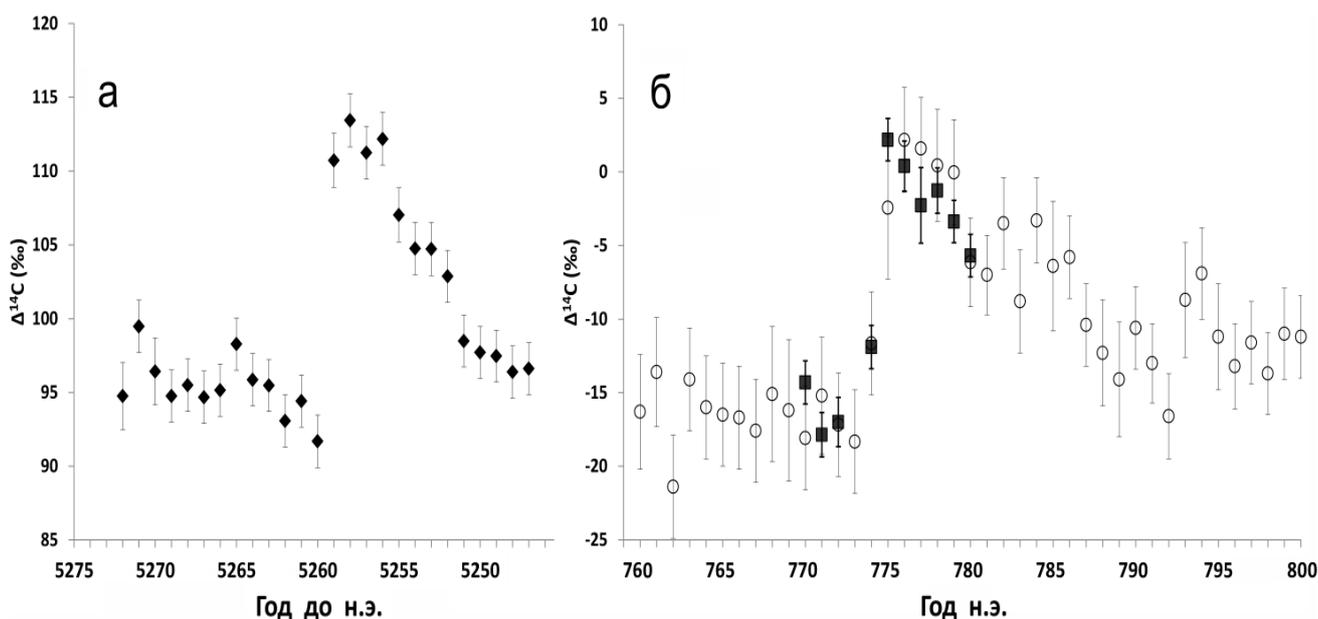


Рис. 1. $\Delta^{14}\text{C}$ данные годовичных колец лиственниц Ямала для периодов около 5259 г. до н.э. (а) и периода около 775 г. н.э. (б). Данные из [6], [3] и [4]

Работы по обнаружению всплесков радиоуглерода в древесных кольцах показали, что реконструкция изменений содержания ^{14}C в прошлом с разрешением в один год не просто дает более точную картину изменений этого изотопа в атмосфере, но может привести к открытию принципиально новых явлений. Результаты таких исследований дадут также возможность восстановить историю солнечной активности, изменений магнитного поля Земли, помогут в изучении углеродного цикла и т.д. Поэтому не вызывает

сомнений, что ближайшей задачей радиоуглеродного сообщества является анализ древесных колец год за годом для всей эпохи голоцена. Такие проекты уже воплощаются в жизнь в Отделе по исследованию космических лучей университета Нагойи по руководством Ф. Мияке и в лаборатории физики ионных пучков Высшей технической школы Цюриха под руководством Л.Вакера. В этих проектах используются точно датированные дендрохронологическим методом древесные кольца лиственниц Ямала (рис. 2).

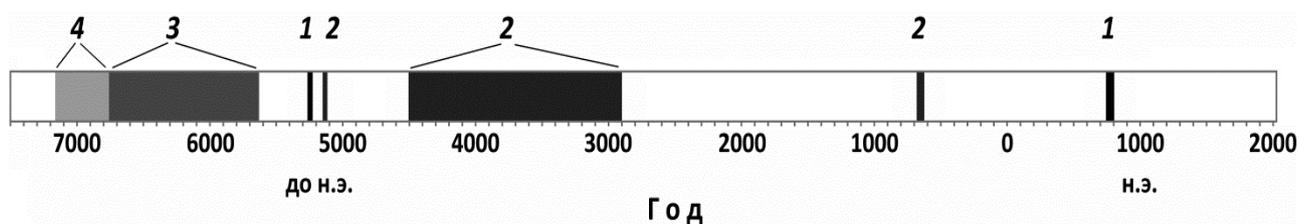


Рис. 2. Периоды, для которых ведется работа по анализу содержания радиоуглерода в древесных кольцах лиственниц Ямала с разрешением в один год.
 1 – опубликованные, 2 – в работе, 3 – планируемые, 4 - перспективные.

Выявление ранее неизвестных событий Мияке и создание новой калибровочной кривой может, среди прочего, существенно повысить точность датировок древних событий и процессов. Например, на порядок можно будет снизить ошибку в определении времени формирования слоев льда в Гренландии и Антарктиде. Это уже выполнено для последних полутора тысяч лет и будет сделано для более древних времен на основе совмещения дат всплесков «солнечных» изотопов (^{14}C , ^{10}Be , ^{36}Cl) в древесных кольцах и ледовых колонках. Такая калибровка позволит гораздо более точно проводить климатические реконструкции на основе изотопного состава льда, более точно определять даты вулканических извержений в голоцене на основе всплесков содержания сульфатов и т.д.

Историки и археологи, а также исследователи природных процессов в голоцене получают большой бонус в виде возможности датировать радиоуглеродным методом события и процессы прошлого с точностью до года. Такая точность достижима, если в их руках есть образцы деревьев со сравнительно большим числом годовичных колец, одно из которых попадает на

год супервспышки. Работы с использованием сверхточных датировок с использованием событий 774 и 993 года уже есть. С обнаружением большего числа событий возможность точной датировки открывается и для более старых археологических объектов. То есть, все шире становятся временные отрезки, где радиоуглеродный метод может дать точность, равную дендрохронологическому методу.

Анализ радиоуглерода за каждый год голоцена приведет к созданию новой калибровочной кривой для радиоуглеродного датирования, а может и нескольких – для разных районов Земли. Это позволит значительно увеличить точность радиоуглеродного датирования, как единичных датировок, так и проводимых методом wiggle matching.

Работа по анализу содержания радиоуглерода в древесных кольцах лиственниц Ямала выполняется при поддержке гранта РФФИ № 21-14-00330.

ЛИТЕРАТУРА

1. Miyake F. et al. A signature of cosmic-ray increase in AD 774–775 from tree rings in Japan // *Nature*. 2012. Vol. 486, № 7402. P. 240–242.
2. Usoskin I.G. et al. The AD775 cosmic event revisited: the Sun is to blame // *Astron. Astrophys.* 2013. Vol. 552. P. L3.
3. Jull A.J.T. et al. Excursions in the ^{14}C record at A.D. 774-775 in tree rings from Russia and America // *Geophys. Res. Lett.* 2014. Vol. 41, № 8. P. 3004–3010.
4. Büntgen U. et al. Tree rings reveal globally coherent signature of cosmogenic radiocarbon events in 774 and 993 CE // *Nat. Commun.* 2018. Vol. 9, № 1. P. 3605.
5. Хантемиров Р.М. и др. 8768-летняя Ямальская древесно-кольцевая хронология как инструмент для палеоэкологических реконструкций // *Экология*. 2021. Т. 5, № 5. С. 388–397.
6. Brehm N. et al. Tree-rings reveal two strong solar proton events in 7176 and 5259 BCE // *Nat. Commun.* 2022. Vol. 13, № 1. P. 1196.

S u m m a r y.

The discovery of several "Miyake events," i.e., spikes in ^{14}C isotope in tree rings when its content rises sharply within one or two years, led to the understanding of the need to develop a radiocarbon calibration curve for the Holocene with a resolution of one year. To realize this goal, tree rings of subfossil Yamal larches are used. The development of this calibration curve will make it possible to significantly, in some cases up to one year, increase the accuracy of radiocarbon dating.

**МЕТАНОКИСЛЯЮЩИЕ БАКТЕРИИ В СТРУКТУРЕ
БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА
КАНДРЫКУЛЬ**

М.А. Харитоновна, Д.К. Нургалиев, Г.Р. Нигаматзянова, Н.М. Нигматуллин,
М.Н. Синягина, Л.А. Фролова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Maya_Kharitonova@mail.ru

**METHANE-OXIDIZING BACTERIA IN THE STRUCTURE OF
BACTERIAL METAGENOME OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE
KANDRYKUL**

M.A. Kharitonova, D.K. Nurgaliev, G.R. Nigamatzyanova, N.M. Nigmatullin,
M.N. Siniagina, L.A. Frolova

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

Аннотация.

В настоящей работе проведена оценка структуры бактериальных сообществ донных отложений озера Кандрыкуль с помощью секвенирования генов 16S рРНК бактерий. В составе метагеномов была обнаружена ДНК разных видов метаноокисляющих бактерий (МОБ). Присутствие 16S ДНК в глубоких слоях донных отложений обусловлено наличием седиментационной ДНК (седДНК) и может свидетельствовать об изменениях климата и условий окружающей среды в прошлые эпохи.

Ключевые слова: седиментационная ДНК (седДНК), метаноокисляющие бактерии; микробная экология; палеолимнология

Озеро Кандрыкуль расположено в пределах лесостепной зоны на территории Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Происхождение озера карстово-провальное [1]. Как гидрологический памятник природы Кандрыкуль входит в реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан [2]. Донные отложения озера играют важную роль в функционировании экосистем водоемов, участвуют в круговороте веществ и энергии и являются средой обитания представителей всех известных доменов и входящих в них царств. Кроме того, донные отложения содержат индикаторные ископаемые формы живых организмов, количественный и качественный состав которых позволяет делать палеоэкологические выводы об эволюции озерной экосистемы, а также о вероятных климатических изменениях [3,4].

Целью работы являлся поиск индикаторных микроорганизмов в структуре бактериального метагенома донных отложений озера Кандрыкуль для реконструкции состояния палеосреды.

На метагеномный анализ из колонки донных отложений озера Кандрыкуль длиной 139 см было отобрано 10 образцов с шагом в 13 см. Извлечение тотальной геномной ДНК из образцов донных отложений проводили с

помощью набора для выделения ДНК FastDNA Spin Kit For Soil в соответствии с инструкциями производителя (“MP Biomedicals”, США). Фрагменты бактериальной 16S рНК амплифицировали с применением праймеров к региону v3-v4 гена 16S рНК: 337F (5'-GACTCCTACGGGAGGCWGCAG-3') и 805R (5'-GACTACHVGGGTATCTAA TCC-3'). Библиотеки ампликонов гена 16S рНК, секвенировали на платформе MiSeq (Illumina, США) в соответствии с рекомендациями производителя. Анализ полученных данных секвенирования выполнялся с использованием пакета QIIME.

Структура микробного сообщества донных отложений представлена на рис.1. В сообществах всех образцов, за исключением образца № 5, доминантной и самой разнообразной группой является фила *Proteobacteria* (*Pseudomonadota* corrig. phyl. nov.). Кроме того к преобладающим филам относятся *Chloroflexi* (*Chloroflexota* corrig. phyl. nov.), *Bacteroidetes* (*Bacteroidota* corrig. phyl. nov.), *Firmicutes* (*Bacillota* corrig. phyl. nov.). В образце № 5 высока доля представителей филы *Actinobacteria* (*Actinomycetota* corrig. phyl. nov.) и *Acidobacteria* (*Acidobacteriota* corrig. phyl. nov.).

Среди протеобактерий самыми многочисленными оказались представители класса *Betaproteobacteria*, а именно метанооксиляющие бактерии принадлежащие к порядку *Methylophilales*, в их числе *Methylothenera mobilis*. В образце №7 их доля составила 18,4%.

В донных отложениях озера присутствовала 16S ДНК и других МОБ, окисляющих CH_4 в аэробных условиях. Это представители классов *Alphaproteobacteria* (рода *Methylosinus* и *Methylobacterium*), *Betaproteobacteria* (род *Methyloversatilis*). В пробе 9 присутствует ДНК, представителей класса *Gammaaproteobacteria*, относящиеся к семейству *Crenotrichaceae*. *Crenothrix* является основными потребителями метана в стратифицированных озерах и способен осуществлять денитрификацию в условиях дефицита кислорода, при этом рост является метанозависимым [5].

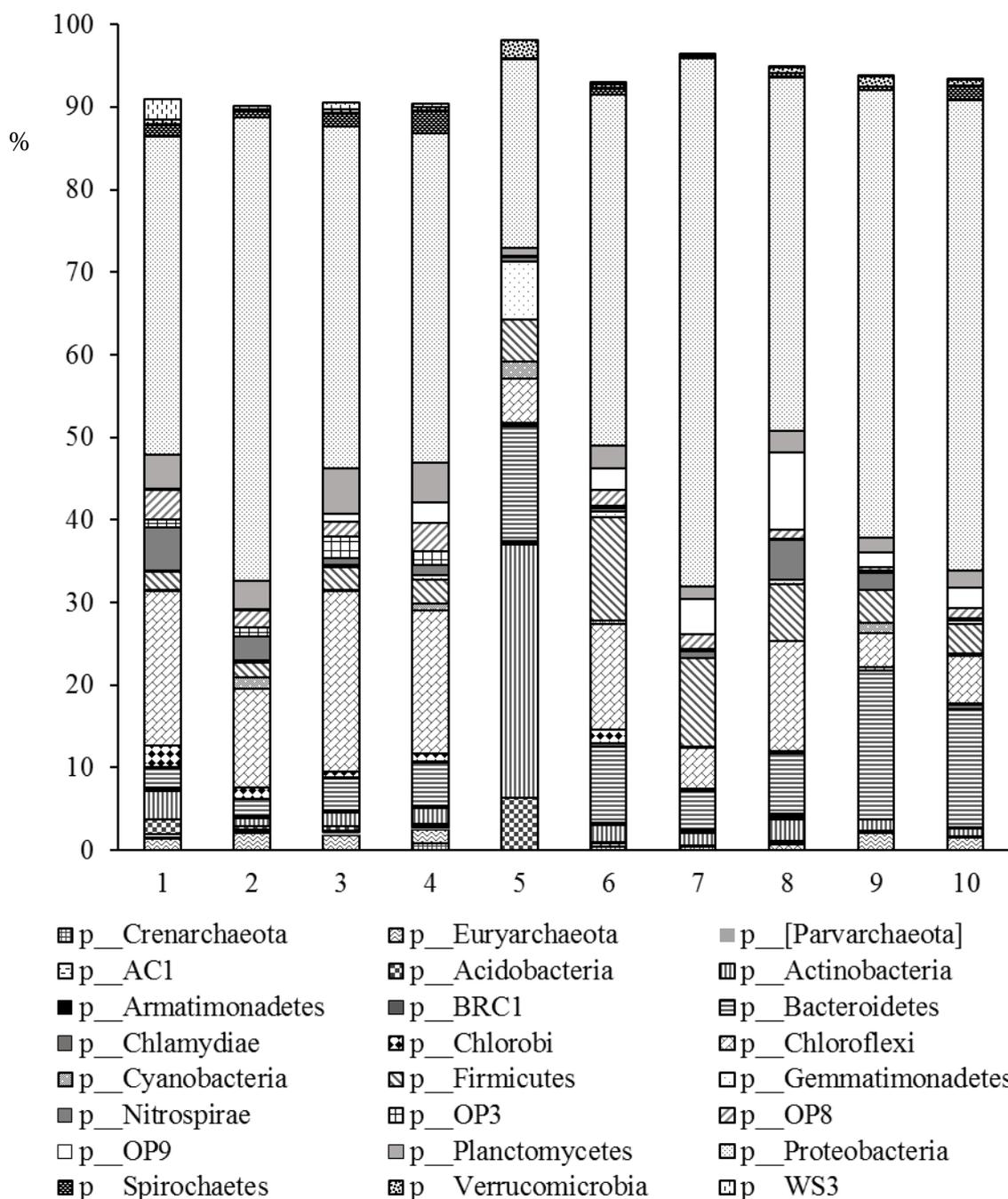


Рис. 1. Структура бактериальных сообществ донных отложений озера Кандрыкуль, установленная с помощью высокопроизводительного секвенирования генов 16S рРНК бактерий.

По данным литературы, глубина проникновения кислорода в осадок достигает 10,5–23 мм, и лишь иногда превышает 40 мм, что объясняется деятельностью аэробной и анаэробной микрофлоры, типом осадков и температурой придонной воды [6]. В связи с этим можно допустить наличие культивируемых форм МОБ в пробах 1–3. При этом наличие 16S ДНК в более

глубоких слоях донных отложений обусловлено присутствием седиментационной ДНК и может свидетельствовать о климатических изменениях и экологической обстановке в прошлых эпохах.

На рис. 2 представлена доля МОВ в микробных сообществах проб донных отложений озера Кандрыкуль.

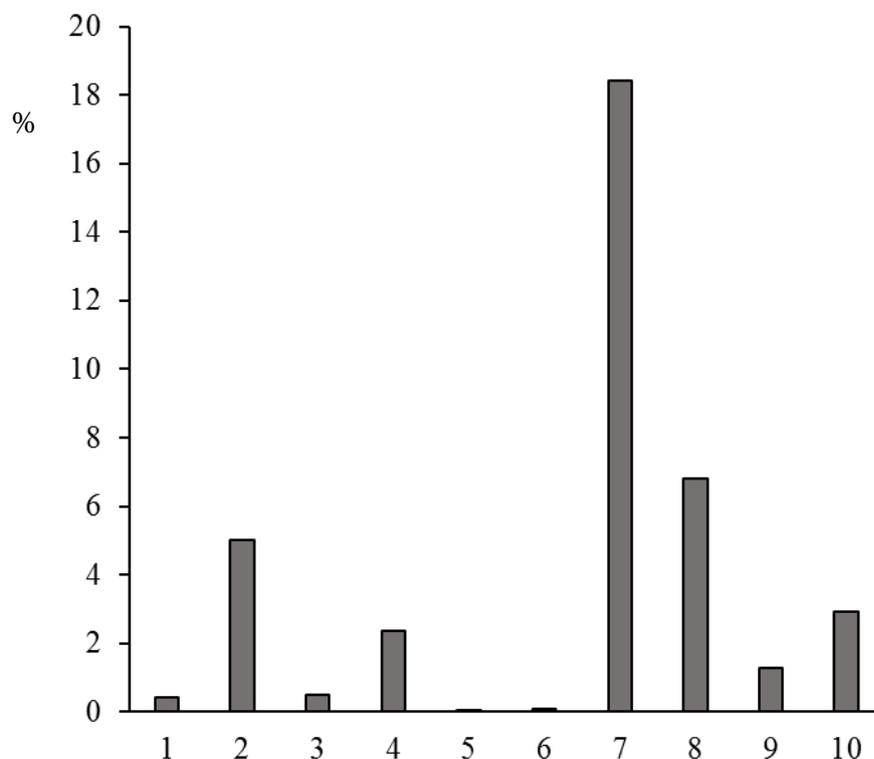


Рис. 2. Доля 16S рРНК метанооксиляющих бактерий в тотальной ДНК бактериальных сообществ донных отложений озера Кандрыкуль.

Наиболее высокое содержание МОВ отмечается в пробе № 7 (18,41%). В пробе 8 оно снижается в 2,7 раза, в пробе № 9 – в 14,1 раза и в пробе № 10 увеличивается вдвое по сравнению с девятой пробой. Очень незначительна доля МОВ в пробах № 5 (0,015%) и № 6 (0,092%). Пробы №1 и № 3 содержат 0,43% и 0,49 % МОВ, соответственно, а пробы № 2 и № 4 – в несколько раз больше (5,01% и 2,36%).

Использование анализа седиментационной ДНК МОВ в палеолимнологических исследованиях является многообещающим подходом и может способствовать всестороннему пониманию роли глобальных изменений во влиянии на временную динамику сообщества МОВ в озерах [4]. Высокое содержание метанотрофов может свидетельствовать об активных процессах

окисления метана. Увеличение доли МОБ коррелирует с интенсификацией круговорота CH_4 при достаточно высокой температуре и наличии богатых органикой отложений с большой долей водных продуцентов.

Работа выполнена в рамках исследований по проекту РНФ № 20-17-00135.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана. Уфа: «Китап», 2001. 260 с.
2. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. Изд. 2-е, перераб. Уфа: Издательский центр «Медиа-Принт», 2010. 414 с.
3. Смирнов Н. Н. Историческая экология пресноводных зооценозов. Москва: Товарищество науч. изд. КМК, 2010. 225 с.
4. Belle S., Parent C. Reconstruction of Past Dynamics of Methane-Oxidizing Bacteria in Lake Sediments Using a Quantitative PCR Method: Connecting Past Environmental Changes and Microbial Community // *Geomicrobiology Journal*. 2019. V.36. No 6. P. 570-579.
5. Martin P., Granina L.Z., Martens K., Goddeeris B. Oxygen concentration profiles in sediments of two ancient lakes: Lake Baikal (Siberia, Russia) and Lake Malawi (East Africa) // *Hydrobiologia*. 1998. V. 367. P. 163-174.
6. Oswald K., Graf J.S., Littmann S., et al. Crenothrix are major methane consumers in stratified lakes // *ISME J*. 2017. V. 11. No 9. P.2124-2140.

S u m m a r y.

In the present study, the structure of the bacterial communities of bottom sediments of lake Kandrykul was estimated using sequencing of bacterial 16S rRNA genes. In the structure of the bacterial communities DNA of different methane-oxidizing bacteria (MOB) types were noted. The presence of 16S DNA in deeper layers of bottom sediments is due to the presence of sedimentary ancient DNA (sedaDNA) and may indicate climatic changes and environmental conditions in past epochs.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВНУТРИДОЛИННОГО ОЗЕРА ШНИТКИНО (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ) И ЕГО РАЗВИТИЕ В ГОЛОЦЕНЕ

Л.В. Шашерина, А.В. Панин, Н.В. Карпухина, Н.Н. Нарышкина,
Е.О. Мухаметшина

Институт географии РАН, Москва, lida.sh.vs@gmail.com

ORIGIN OF INTRA-VALLEY LAKE SHNITKINO (TVER REGION) AND ITS HOLOCENE HISTORY

L.V. Shasherina, A.V. Panin, N.V. Karpukhina, N.N. Naryshkina,
E.O. Mukhametshina

Institute of Geography RAS, Moscow

Аннотация.

Данная работа посвящена реконструкции происхождения внутридолинного озера Шниткино и истории его развития в голоцене. Исследование выполнено на основе широкого комплекса методов: геолого-геоморфологического, литологического, спорово-пыльцевого, а также ОСЛ и ^{14}C датирования. Можно полагать, что озеро, наследует депрессию, сформированную во время вытаивания блока мёртвого льда, и на рубеже плейстоцена и

голоцена имело больший размер. Длительная озёрно-аллювиальная аккумуляция на протяжении голоцена придали озеру современный вид. Растительность на водосборе изменялась вслед за климатическими колебаниями.

Ключевые слова: река Торопа, осадконакопление, рельеф, позднеледниковье, ОСЛ-датирование, радиоуглеродное датирование, спорово-пыльцевой анализ.

Введение. Целью данной работы является реконструкция механизма формирования котловины озера Шниткино (в другом варианте Шнидкино), а также палеогеографических условий развития озера в голоцене. Оз. Шниткино расположено в Тверской области, в верховьях реки Западная Двина. Река Торопа – правый приток Западной Двины – протекает через оз. Шниткино с севера на юг. Озеро имеет площадь 1,2 км², вытянутую форму с сужением в средней части, наибольшую глубину 2 м. Водоём расположен в зоне развития аккумулятивного ледникового и водно-ледникового рельефа, сформированного во время поздневалдайского (осташковского) оледенения. Аналогичные комплексы рельефа характерны для бассейна среднего и нижнего течения Торопы [1].

Методы. Начиная с 2018 г. в окрестностях озера ведутся геоморфологические и палеогеографические исследования. К настоящему времени было изучено северное расширение озера, выполнено геоморфологическое картографирование территории, а также бурение дна озера, озёрной террасы и поймы реки Торопы к северу от озера. Механическое бурение было проведено с помощью буровой установки Pride Mount 80, а ручное – с помощью ручного бура Eijkelkamp с комплектом пробоотборников для минеральных грунтов. Для извлечения колонок донных отложений озера использовался русский торфяной бур. Пробурено более 20 скважин по трём профилям, выполнено описание отложений, отбор образцов на радиоуглеродное датирование, датирование методом оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ) и отбор керн донных отложений для спорово-пыльцевого анализа и комплексного литологического анализа (анализ гранулометрического состава, потерь при прокаливании и магнитной восприимчивости).

Результаты геолого-геоморфологического анализа. Изучение рельефа и его строения позволило выявить несколько геолого-геоморфологических особенностей исследуемого района. Более подробно они описаны в работе [2].

В среднем течении Торопы встречаются озёрные террасы, приуроченные к берегам проточных озёр (реже, к долинам рек) и отделённые чёткими перегибами от современных пойм. Согласно материалам геологической съемки, озёрные террасы образовались в позднеледниковье [1]. Тяготение данных форм к озёрным расширениям может быть связано с историей возникновения в долине р. Торопы системы проточных озёр, в том числе озера Шниткино. В створе данного озера долина Торопы расширяется, а её уклон выполаживается, образуя ступень в продольном профиле [1].

Строение озёрной террасы вдоль оз. Шниткино неоднородно: по простиранию от тылового шва к бровке на одинаковых глубинах в разных скважинах вскрыты алевриты и крупнозернистые пески, а мощность отложений до кровли морены составляет 18 м. Прослой крупнозернистого песка указывают на седиментацию в условиях текущего потока. В то же время, переслаивание алевритов и тонких песков является признаком осаждения в слабопроточном водоёме (такие осадки в строении террасы преобладают).

Изучение донных осадков самого оз. Шниткино показало, что в строении дна выделяются три слоя (по скважине 20770): до глубины 7,5 м – минеральный слоистый суглинок, на 7,5-5,5 м карбонатно-минеральный слоистый ил, выше 5,5 м – сапрпель. В некоторых скважинах в озёрных илах обнаружены прослой песка, предположительно, аллювиального.

В строении отложений поймы Торопы в расширении долины выше впадения в оз. Шниткино можно отметить закономерность: фации меняются снизу-вверх от органо-минеральных илов и сапрпелей (идентичных изученным в дне озера Шниткино) к торфу и далее аллювиальным супесям, алевритам и мелким пескам. Очевидна аккумулятивная тенденция с переходом от субаквальных к субаэральным условиям седиментации.

Результаты датирования. Для уточнения имеющихся представлений о возрасте и механизме образования озёрной террасы были отобраны 6 образцов для ОСЛ датирования. Полученный возраст отложений попадает в интервал 47 – 7 тыс. л.н. В пяти образцах обнаружен большой разброс в датировках по кварцу и полевому шпату, что может указывать на неполное обнуление люминесцентного сигнала в процессе переноса вещества. Скорее всего, период транспорта наносов был очень короток. Полученные даты можно использовать

в качестве оценки предельного возраста накопления толщи, а также механизма осадконакопления.

Радиоуглеродные датировки пойменных отложений и прибрежного торфа подтверждают позднеголоценовую аккумуляцию в озёрной котловине [3]. Скорее всего, аккумулятивный тренд существует в озёрно-речной системе с начала голоцена. На это указывают новые датировки озёрных и аллювиальных отложений.

Результаты литологического и споро-пыльцевого анализов.

Литологический и спорово-пыльцевой анализы выполнены для образцов из скважины 20770, вскрывающей наиболее полную и ненарушенную последовательность донных отложений оз. Шниткино.

В колонке отложений были выявлены две четкие границы, отмеченные изменением гранулометрического состава, это 1) переход от ила к сапропелю на глубине 5,5 м и 2) уменьшение содержания глинистой фракции в составе сапропеля на глубине 4,45 м. Выявлена тенденция к укрупнению гранулометрического состава снизу-вверх по колонке отложений. Она свидетельствует либо об уменьшении глубины озера, либо о более активном привносе песчаной компоненты со стоком. Потери при прокаливании (ППП) также подчеркивают границу на глубине 5,5 м повышением значения ППП%550 с 8 до 30% (содержание органического вещества) и понижением значения ППП%950 с 15 до 3% (содержание CO₂ в карбонатах). Магнитная восприимчивость имеет тенденцию к уменьшению снизу-вверх по колонке.

Полученные результаты спорово-пыльцевого анализа дают основание отнести слой ила на глубине 6,5-5,5 м к концу позднеледниковья (т.е. к позднему дриасу) и, возможно, отчасти к пребореалу. Пыльцевые спектры демонстрируют черты, характерные для этого времени: пыльца (п.) травянистых растений составляет до 20% спектров, наиболее обильна п. *Artemisia* и *Chenopodiaceae*. Отмечено присутствие п. гелиофильных растений (*Helianthemum*), ксерофитов (*Ephedra*) и гипоарктоальпийского вида плаунка *Selaginella selaginoides*. Древесная п. представлена бореальными древесными породами (сосна, ель береза, ива), встречается п. микротермных кустарников (ольховник, карликовая березка).

Слой на глубине 5,5-4,5 м вполне сопоставим по составу пыльцы с бореальным периодом голоцена. Содержание п. деревьев и кустарников

увеличивается до 90% спектров, преимущественно за счет п. березы и сосны. Появляется п. широколиственных пород деревьев и лещины.

В богатых органикой отложениях на глубине 4,5-0,75 м состав пыльцевых спектров отражает дальнейшее потепление, вероятно, сопровождавшееся некоторым снижением континентальности климата. В спектрах увеличивается доля п. широколиственных пород, встречается п. *Acer*, *Carpinus*, *Myrica*, увеличивается доля п. ольхи и лещины.

Пыльцевые спектры отложений выше 0,75 м близки к описанным ранее, однако в них имеются некоторые признаки антропогенного воздействия: встречена п. культурных злаков (*Cerealia*) и сорных травянистых растений.

Выводы. Обобщая полученные данные, можно сформулировать историю развития изучаемой озёрной котловины в позднеледниковье и голоцене.

Анализ строения и датировок отложений озёрной террасы позволяет заключить, что быстрое и гидродинамически контрастное формирование террасы могло происходить в условиях таяния мертвого льда. Таким образом, террасу корректно называть озёрно-ледниковой или камовой. Модели седиментогенеза камовых террас, разработанные для других областей развития последнего оледенения [4], можно применить и к образованию террасы вдоль оз. Шниткино: при деградации мёртвого льда возникло локальное проточное приледниковое озеро. После окончательного спуска водной массы озера его осадки оформились в виде террасовидной ступени, а оз. Шниткино образовалось в самом глубоком месте гляциодепрессии.

В голоцене в образовавшейся озёрной депрессии главным процессом морфолитогенеза стало накопление озёрно-речных отложений. В раннем голоцене оз. Шниткино, скорее всего, имело большую площадь, занимало современную пойму Торопы. Тип озёрной седиментации был преимущественно минерагенным, возможно, вплоть до бореальной эпохи голоцена. На переходе от позднего дриаса к пребореалу климат был более суровый, чем современный, на водосборе существовала перигляциальная лесостепь - сочетание сообществ холодных степей с участками бореальных лесов и кустарников. В пребореал-бореальное время озёрное осадконакопление сменило тип с минерагенного на органогенное. Продолжающаяся в течении всего голоцена аккумуляция подняла дно озера примерно на 6 м, при этом раньше всего из озёрного режима выходили участки близ впадения реки, где аккумуляция протекала быстрее. На

фоне потепления в бореальный период изменился растительный покров на водосборе - возросла роль лесов, особенно сосновых и березовых. Дальнейшее смягчение климата увеличило долю широколиственных пород в лесах. В новейшее время появляются признаки антропогенного воздействия на водосборе озера.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект 22-27-00639.

ЛИТЕРАТУРА

1. Третьяков Г.С., Третьякова М.А., Ильина О.И., Кабанов Ю.Н., Солдатов В.С. Отчет Торопецкой партии о комплексной геолого-гидрогеологической съемке м-ба 1:200000, проведенной на территории листа О-36-XXXII. (Торопец) в 1964-1966 гг. (Калининская, Псковская области), Москва. 1967.
2. Шашерина Л. В., Стефутин С. А., Зозуля С. С., Карпова Ю. О. Геоморфологические условия формирования раннесредневековых поселений в Днепро-двинском регионе, северо-запад европейской России // Геоморфология. 2022. Т. 53. № 3. С. 134–145.
3. Шашерина Л.В., Стефутин С.А. Палеогеоморфологические условия формирования поселения Шниткино (Северо-Запад России) // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. 2021. №3. С. 124-137.
4. Flint R. F. Glacial and Pleistocene Geology. New York: John Wiley & Sons. 1964. 892 p.

Summary.

This work is devoted to the reconstruction of the lake Shnitkino origin and the Holocene history. The study was carried out based on a wide range of methods: geomorphological, lithological, spore-pollen, OSL, and ¹⁴C dating. It was revealed that the lake probably inherits the dead ice depression and owes its modern look to a long-term lacustrine-alluvial accumulation during the Holocene. Vegetation in the watershed has changed following climatic fluctuations.

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ГОЛОЦЕНА В ДОННЫХ ОСАДКАХ МАЛЫХ ОЗЕР НА КАРЕЛЬСКОМ БЕРЕГУ БЕЛОГО МОРЯ (РАЙОН ПОС. КЕРЕТЬ, КАРЕЛИЯ)

Т.С. Шелехова, Ю.С. Тихонова

*ФИЦ КарНЦ РАН Институт геологии Карельского научного центра РАН,
Петрозаводск, shelekh@krc.karelia.ru, yula_tihonova@mail.ru*

HOLOCENE DIATOMS IN BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL LAKES ON THE KARELIAN COAST OF THE WHITE SEA (THE AREA OF KERET VILLAGE, KARELIA)

T.S. Shelekhova, Yu.S. Tikhonova

*Institute of Geology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk,
shelekh@krc.karelia.ru, yula_tihonova@mail.ru*

Аннотация.

В районе устья реки Кереть на побережье Кандалакшского залива Белого моря исследованы донные осадки из пяти малых озер, расположенных на разных абсолютных отметках и отделившихся от моря в разные периоды голоцена. В отложениях озер выделены

три фации осадков: морская, переходная от морской к пресноводной и пресноводная фации, характеризующиеся своеобразным составом диатомовой флоры.

Ключевые слова: голоцен, донные отложения, диатомовый анализ, Белое море, Карелия

Введение

На Карельском берегу Белого моря в районе села Кереть изучены донные отложения пяти изолированных бассейнов, расположенных на разных гипсометрических отметках от 4 до 37 м над уровнем моря (н.у.м) и сформировавшихся в голоцене [1].

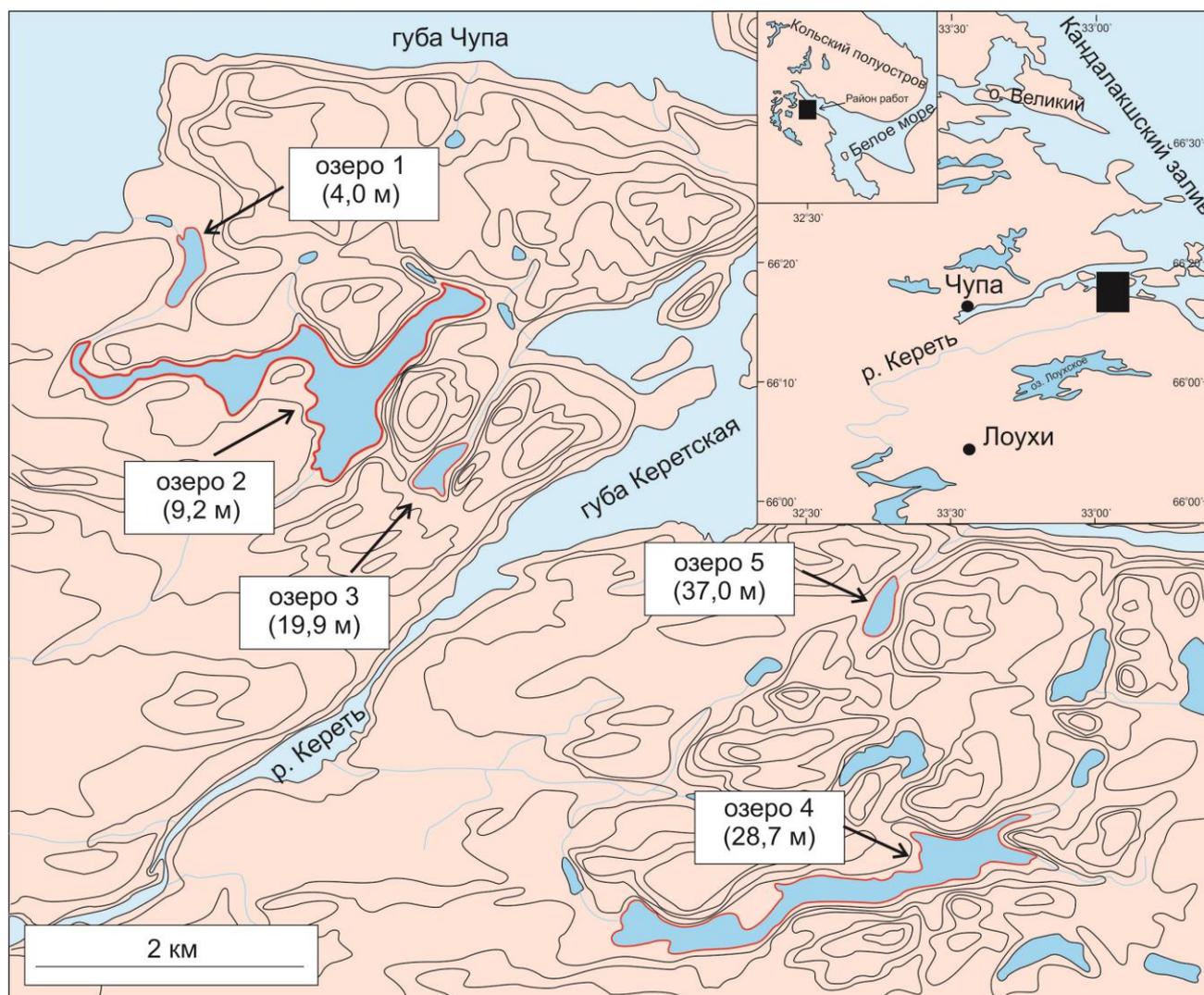


Рис. Местоположение изученных объектов.

Ранее в донных осадках изолированных озер на побережье Белого моря были выделены пять генетических фаций, обусловленных восходящими движениями земной коры, регрессией береговой линии и палеогеографическими условиями развития в позднеплейстоцен-голоценовое время [2, 3, 4, 5, 6]. Это фации приледникового пресноводного озера (I);

бассейна, осолоняющегося за счет притока в пресное приледниковое озеро морской воды (II); морского водоема (III); водоема, изолирующегося от моря (IV), и пресного озера (V). Получены характеристики диатомовых комплексов для каждой из выделенных фаций [7].

В пяти изученных нами озерах выделено три последние фации, верифицированные с помощью диатомового и спорово-пыльцевого анализов, радиоуглеродного датирования. Каждая из этих фаций характеризуется своеобразным составом диатомовых комплексов, которые зависят от глубины и солености водоема, времени и условий его формирования и отделения от моря.

В работе приведен состав диатомовых комплексов в выделенных фациях, их эколого-географические характеристики, показаны черты сходства и различия с таковыми для близкорасположенных районов побережья.

Материалы и методика

Образцы на диатомовый анализ отобраны сотрудниками Геологического института Кольского научного центра в 2019 году. Исследовано 120 образцов. Методика подготовки и изучения проб с помощью метода диатомового анализа подробно изложена в статье [8].

Результаты исследований

Диатомовый анализ донных осадков пяти озер показал, что диатомовые комплексы отложений отличаются значительным богатством и разнообразием.

Морская фация в водоемах представлена глиной, алевролитом, иногда с неясной слоистостью и прослойками песка с примесью обломков раковин. В двух водоемах (1,2; рис.) в морской фации четко выделяется слой, мощностью около 10 см, сложенный алевролитами с примесью песка и редкой галькой, обломками раковин, сформировавшийся предположительно в условиях цунами [1]. В данном слое значительно возрастает роль глубоководных планктонных форм родов *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, что может свидетельствовать об их привносе из более глубоководной части моря во время заплеска цунами и является косвенным подтверждением этого события.

Состав диатомовых комплексов в **морской фации** осадков во всех изученных водоемах представлен поли-, мезо-, галофилами (около 90 %) с незначительным содержанием (5-10 %) пресноводной флоры. В целом диатомовые комплексы морской фации во всех водоемах довольно схожи, что говорит об одинаковом их происхождении. Однако, соотношения отдельных

видов в группах значительно отличаются. Среди **полигалобов** доминируют: *Grammatophora* spp., *Hyalodiscus* spp., *Trachyneis aspera*, *Thalassionema nitzschioides*, *Lyrella* spp., *Paralia sulcata*, *Opephora marina*, *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* spp. **Мезогалобы** представлены видами родов: *Triblionella* spp., *Achnanthes brevipes*, *Amphora* spp., *Cocconeis* spp., *Coscinodiscus* spp., *Diploneis* spp., *Mastogloia* spp., *Pleurosigma elongatum*, *Rhabdonema* spp., *Rhopalodia* spp., *Stauroneis* spp., *Melosira moniliformis+nummuloides*. Среди **галофилов** выделяются виды родов: *Navicula*, *Nitzschia*, *Epithemia*, *Amphora*, *Achnanthes*.

Осадки фации переходных зон состоят из слоистых алевритов и гиттии, или слоистой алевритистой гиттии. В водоемах 3,4,5, расположенных на более высоких абсолютных отметках (рис.), переходные зоны отличаются малой мощностью (2-3 см), указывая на быструю, почти катастрофическую смену морских условий на пресноводные, и, следовательно, быструю регрессию моря. В озерах 1 и 2, мощность переходной зоны возрастает до 12 и 10 см соответственно, что говорит о более медленном отступлении берега моря. В **переходной фации** резко (с 90 до 50 %) сокращается доля морских диатомей (полигалобов, мезогалобов и галофилов), вторая половина комплекса представлена главным образом пресноводными индифферентами. Кроме этого, «глубоководные» полигалобы исчезают и начинают преобладать относительно мелководные (планктонно-литоральные) и донные полигалобы: *Trachyneis aspera*, *Thalassionema nitzschioides*, *Lyrella* spp., *Paralia sulcata*, а также мезогалобы *Triblionella* spp., *Achnanthes brevipes*, *Amphora* spp., *Cocconeis* spp., *Coscinodiscus* spp., *Diploneis* spp., *Mastogloia* spp., *Pleurosigma elongatum*, *Rhabdonema* spp., *Rhopalodia* spp., *Stauroneis* spp., *Melosira moniliformis+nummuloides*. Доля галофилов колеблется от 10-25 %, среди которых доминируют *Navicula* spp., *Nitzschia* spp., *Epithemia* spp., *Amphora* spp., *Achnanthes* spp., *Fragilariforma virescence v.subsalina*, *Rhopalodia musculus*. Господство литоральных форм свидетельствует о мелководности водоема.

Пресноводная фация осадков представлена слоистой и неяснослоистой гиттией темно-коричневого цвета. Основу пресноводного комплекса составляют виды родов *Aulacoseira* spp., *Cyclotella* spp., *Staurosira* spp., *Tabellaria* spp., *Frustulia* spp. В составе комплексов выявлены единичные створки *Epithemia* spp., *Anomoeoneis* spp., до 2-4 % – *Pinnularia* spp., *Navicula* spp., *Eunotia* spp., *Gomphonema* spp., *Synedra* spp. и др.

Выводы

Согласно полученным данным установлено, что водоемы 1 и 2 испытали более продолжительную меромиктическую фазу развития, в отличие от озер 3,4,5, которые быстро отделялись от моря. Диатомовые комплексы донных осадков изученных озер отличаются от таковых на других участках побережья хорошей сохранностью и разнообразием. Настоящие исследования значительно дополняют имеющиеся сведения о составе диатомовых комплексов в донных осадках озер на разных участках побережья Белого моря.

Работа выполнена в рамках государственной темы ИГ Кар НЦ РАН № АААА-А18-118020690231-1. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толстобров Д.С., Вашков А.А., Колька В.В., Шелехова Т.С. Предварительные данные о перемещении береговой линии в районе села Кереть, Северная Карелия // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2021. 18. С. 368-371. <https://doi.org/10.31241/FNS.2021.18.069>
2. Колька В.В., Евзеров В.Я., Меллер Я., Корнер Д. Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова. Апатиты, КНЦ РАН, 2005. С. 15-25.
3. Евзеров В.Я., Корсакова О.П., Колька В.В. История развития морских бассейнов в беломорской депрессии за последние 130 тысяч лет (состояние вопроса и перспективы исследований) // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2007. № 67. С. 54–65.
4. Корсакова О.П., Колька В.В., Толстоброва А.Н., Лаврова Н.Б., Толстобров Д.С., Шелехова Т.С. Литология и поздне- постледниковая стратиграфия донных отложений из котловин изолированных бассейнов побережья Белого моря (на примере малого озера из района поселка Чупа, северная Карелия)// Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2016. Т. 24., № 3. С. 81–101.
5. Corner G.D., Yevzerov V.Ya., Kolka V.V., Møller J.J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia. *Boreas*. 1999. V. 28, N 1. P. 146-166.
6. Corner G.D., Kolka V.V., Yevzerov V.Y., Møller J.J. Postglacial relative sea_level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // *Global and Planetary Change*. 2001. V. 31. P. 155–177.
7. Шелехова Т.С. Диатомовые водоросли в донных осадках озер побережья Белого моря и их палеогеографическое значение. Материалы I палеоальгологической конференции. Москва, ПИН РАН 25-28 февраля 2013 г. С.152-153.
8. Shelekhova TS, Lobanova NV, Lavrova NB and Rodionov GN. Paleogeographic conditions of human habitation on the Karelian coast of the White Sea in the Late-Holocene (Chupa Town, Karelia, Russia). *The Holocene* 1–11. 2021. <https://doi.org/10.1177/09596836211041733>

S u m m a r y.

In the region of the mouth of the Keret River on the coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea, bottom sediments from five small lakes located at different absolute levels and separated from the sea in different periods of the Holocene were studied. Three facies of sediments have been identified in lake deposits: marine, transitional from marine to freshwater, and freshwater facies, characterized by a peculiar composition of the diatom flora.

ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВЫСОКОШИРОТНОГО ДРИФТА КВЕЙТОЛА В ГОЛОЦЕНЕ

К.С. Якимова^{1,2}, Е.А. Новичкова¹, М.Д. Кравчишина¹, Е.М. Крылова¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, yakikarina@gmail.com

²МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

SEDIMENTATION IN THE CENTRAL PART OF HIGH-LATITUDE KVEITHOLA DRIFT DURING THE HOLOCENE

K.S. Iakimova^{1,2}, E.A. Novichkova¹, M.D. Kravchishina¹, E.M. Krylova¹

¹Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow

² Moscow State University of M.V. Lomonosov, Moscow

Аннотация

Высокоширотный дрейф Квейтола, расположенный в северо-восточной части Баренцева моря, вложен в ледниково-эрозионный трог и характеризуется высокими скоростями голоценового осадконакопления. Осадки центральной части большого дрейфа были опробованы колонкой АМК-6179, отобранной в ходе 75-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» в 2019 году. Проведено микроскопическое изучение осадочного материала крупностью более 63 мкм и фаунистического состава моллюсков. Полученные данные позволили сделать вывод об интенсивных подводных течениях, действующих в данном районе в голоценовое время.

Ключевые слова: донные осадки, голоцен, Баренцево море, дрейф Квейтола, моллюски

Присутствие сплошного покровного оледенения на западной континентальной окраине Баренцева моря в течение последнего ледникового периода привело к формированию особых подводных форм рельефа: ледниково-эрозионных трогов (долин) и связанных с ними подводных конусов выноса, а также банок и локальных возвышенностей. В данном районе преимущественно в трогах сохранены ледниковые отложения и перекрывающие их флювиогляциальные и гемипелагические осадки [3, 4].

Простирание дрейфа Квейтола подчинено морфологии вмещающего трога. В плане осадочное тело состоит из двух основных частей: большого и малого дрейфов [2], а также нескольких линз (рис. 1). Основание трога сложено базальной мореной и флювиогляциалом, которые выше перекрыты толщей осадков, сформированных деятельностью подводных течений. Эта осадочная толща залегает плащеобразно: максимальная мощность осадков достигается в центральной части дрейфа Квейтола и постепенно уменьшается к склонам трога. Время начала формирования толщи оценено в 13,5 тыс. кал. л. ВР по данным датирования моллюсков [2].

Колонка донных осадков АМК-6179 была отобрана в центральной части большого дрейфа Квейтола (74° 50,687' N 17° 38,245' E, глубина – 296 м) (рис. 1) в ходе 75-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Мстислав

Келдыш» в 2019 году [1]. Общая мощность вскрытого осадка составила 705 см, он представлен алевро-пелитовым илом. На интервале 705-600 см отмечены оливково-серые очень плотные однородные осадки с редкими включениями зерен песчаной размерности. Далее, на интервале 600-340 см осадок становится менее плотным с однородной текстурой. Выше 340 см осадок становится более пластичным, приобретает серо-коричневый цвет с пятнами и примазками гидротроилита, который в верхней части колонки (230-0 см) создает выраженную пятнистую текстуру. По всей длине колонки в осадке встречены раковины моллюсков (целые и обломки).

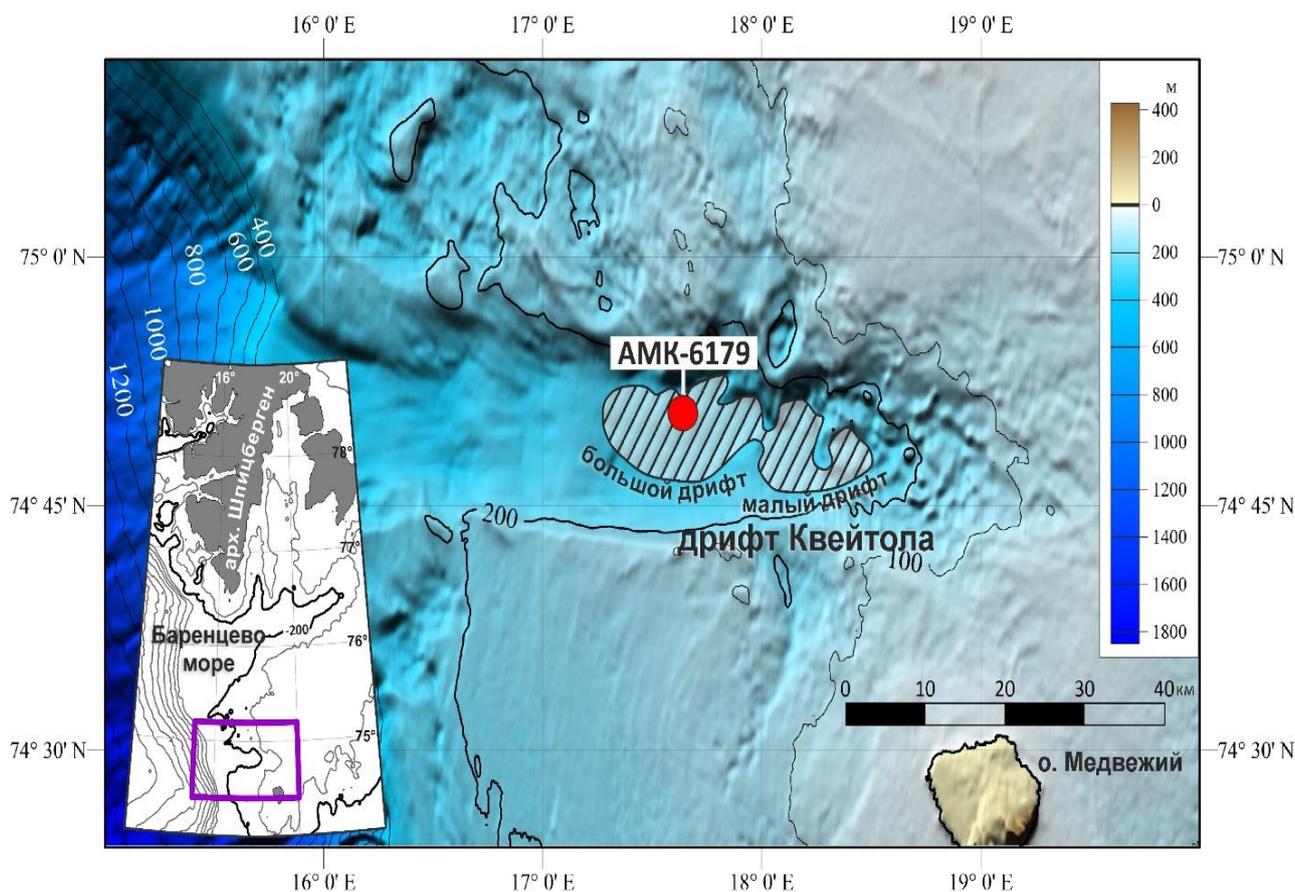


Рис. 1. Плановая морфология дрифта Квейтола (по материалам [2]) и расположение станции АМК-6179.

Для анализа были выбраны 1-сантиметровые образцы донных осадков с интервалом отбора в 5 см: 4-5, 9-10, см и так далее по всей длине колонки. Низ колонки (705-600 см) был опробован более подробно. Фракция осадка крупнее 63 мкм была получена путем промывки на сите и далее просматривалась на стереоскопическом микроскопе. Было определено процентное содержание следующих компонент (от поля зрения стереомикроскопа): планктонных и бентосных фораминифер, карбонатного детрита, кварца, темноокрашенных

минералов, обломков пород и биокластов (фрагментов моллюсков и иглокожих) (табл. 1). Доля фракции крупнее 63 мкм на интервале 705-630 см составила около 5% от массы промытого сухого осадка, а на интервале 630-0 см – 10%. Содержание карбонатного детрита на интервале 705-609 см составило 50%, а вышележащих слоях увеличилось до 70%. Наибольшая доля темноокрашенных минералов установлена на интервале 705-600 см (20-32%). Далее, практически по всей длине керна (600-0 см), соотношение определенных компонент практически не меняется.

Белые, иногда полупрозрачные зерна карбонатного детрита являются основными компонентами фракции крупнее 63 мкм (50-75 %), имеют размер 70-160 мкм и среднюю степень окатанности. Наибольшее количество зерен имеют размер мелкого песка (110 мкм). На некоторых видны поры, но морфологически значимые элементы в силу мелкого размера не сохранены, что делает невозможным их палеонтологическое определение. Таким образом, песчаная фракция осадка колонки 6179 – карбонатная. Детрит является важным диагностическим компонентом данного осадка, так как тело дрефта сформировано деятельностью достаточно сильных подводных течений.

Таблица 1. Средние компонентные составы фракции крупнее 63 мкм

Интервал, см	Средний компонентный состав фракции крупнее 63 мкм (% от поля зрения)						Кол-во проб, шт
	Карбонатный детрит	Фораминиферы	Кварц	Темные минералы	Обломки пород	Биокласты	
0-100	75	7	6	12	-	-	20
100-200	75	7	5	13	-	-	20
200-300	70	7	10	13	-	-	20
300-400	70	6	10	14	-	-	20
400-500	70	5	10	11	1	3	20
500-600	72	6	6	14	1	1	20
600-685	52	3	22	20	2	1	17
685-705	50	3	12	32	2	1	12

Колонка 6179 богата представителями малакофауны (рис. 2), которые встречаются по всей длине колонки и представляют единый комплекс. По количеству встреченных экземпляров моллюсков наиболее многочисленным является род двустворок *Yoldiella* (*Y. intermedia*, *lenticula*, *lucida*, *nana*; 22 экземпляра по всей длине керна), а также род *Tyasira* (*T. dunbari*, *sarsi*; 10 экземпляров на интервале 676-100 см). Помимо этих видов, в колонке присутствуют двустворки:

1. *Astarte crenata* (10 экземпляров на интервале 530-0 см);
2. *Bathyarca glacialis* (4 экземпляра на интервале 300-0 см);
3. *Similipecten greenlandicus* (1 экземпляр на 76-75 см и 3 - на 656-575 см);
4. *Dacrydium vitreum* (2 экземпляра на 698-665 см).



Рис. 2. А - створка *Bathyarca glacialis* (20-21 см, эпифауна); Б – створка *Yoldiella lucida* (544-545 см, инфауна); В – скафопода *Siphonodentalium cf. lobatum* (703-704 см, инфауна).

А также скафоподы *Siphonodentalium cf. lobatum* (4 экземпляра на интервале 701-475 см) и другие моллюски. Большинство обнаруженных организмов являются типичными представителями голоценовой баренцевоморской малакофауны, ведущими инфаунистический образ жизни (зарываются в субстрат, но не глубоко). Однако, некоторые двустворчатые обитают только на поверхности донного осадка (эпифауна: *Bathyarca glacialis*, *Similipecten greenlandicus*, *Dacrydium vitreum*), а другие моллюски, вероятно, ассоциированы с зонами холодной подводной разгрузки метана.

Изучение компонентного состава песчаной фракции показало, что в течение голоцена в дрифте Квейтола большую роль играл процесс механического переноса частиц подводными течениями. Это привело к

обогащению фракции карбонатным детритовым песком. Синхронно с накоплением обломочного материала на подводном субстрате и в его толще обитали разнообразные представители малакофауны.

В дальнейшем исследование планируется дополнить данными по гранулометрическому составу осадка, изотопии кислорода (материал – раковины планктонных фораминифер *Neogloboquadrina pachyderma sinistral*) и радиоуглеродному датированию створок моллюсков (преимущественно эпифауны).

Авторы благодарят экипаж НИС «Академик Мстислав Келдыш» а также всех участников экспедиции за помощь при работе с донными осадками. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 20-17-00157 (Роль гидротермальных и термогенных процессов в современном осадконакоплении в субполярной Северной Атлантике и Арктике).

ЛИТЕРАТУРА

1. Клювиткин А.А., Кравчишина М.Д., Немировская И.А., Баранов Б.В., Коченкова А.И., Лисицын А.П. Исследование седиментосистем европейской Арктики в 75-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» // Океанология. 2020. Т. 60. № 3. С. 485-487.
2. Lantzsch, H., Hanebuth, T., Horry, J., Grave, M., Rebesco, M., Schwenk, T. Deglacial to Holocene history of ice-sheet retreat and bottom current strength on the western Barents Sea shelf // Quaternary Science Reviews. 2017. V. 173. P. 40–57.
3. Rebesco, M., Özmaral, A., Urgeles, R., Accettella, D., Lucchi, R., Rütger, D., Winsborrow, M., Llopart, J., Caburlotto, A., Lantzsch, H., Hanebuth, T.J. Evolution of a high-latitude sediment drift inside a glacially-carved trough based on high-resolution seismic stratigraphy (Kveithola, NW Barents Sea) // Quaternary Science Reviews. 2016. V. 147. P. 178–193.
4. Zecchin M., Rebesco, M. Glacigenic and glacial marine sedimentation from shelf to trough settings in the NW Barents Sea // Marine geology. 2018. V. 402. P. 184-193.

S u m m a r y.

High-latitude Kveithola drift (NW Barents Sea) is characterized by relatively high accumulation rates during the Holocene and located in the glacial trough. Sediment core AMK-6179 was obtained by a gravity corer in the central part of the large drift during the 75th cruise of the *R/V Akademik Mstislav Keldysh* in 2019. Sedimentary material from the >63 µm fraction and malacofauna composition were investigated. The obtained data allowed to conclude about the intensive activity of bottom currents during the Holocene.

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ГОЛОЦЕНЕ LANDSCAPE AND CLIMATIC CHANGES IN THE HOLOCENE

ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ШАЛГО-БОДУНОВСКОГО ЛЕСА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК "РУССКИЙ СЕВЕР")

Н.Б. Афанасьева

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

VEGETATION HISTORY OF THE SHALGO-BODUNOVSKY FOREST (RUSSIAN NORTH NATIONAL PARK)

N.B. Afanaseva

Moscow State University of M.V. Lomonosov, Moscow

Аннотация.

Представлены результаты спорово-пыльцевого анализа торфяного отложения из заболоченного понижения в Шалго-Бодуновском лесу. Изучаемая территория находится в охранной зоне Национального парка «Русский Север». Показано длительное господство в голоцене ельников. Отмечены свидетельства сведения леса, что противоречит распространенному представлению о нетронутости данного сообщества.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ, голоцен, Кирилло-Белозерские гряды

В 1992 году на западе Вологодской области был создан Национальный природный парк «Русский Север» [1]. Целью организации этой особо охраняемой территории было изучение и сохранение уникального комплекса - историко-культурного кластера средневековых православных святынь и богатых природных экосистем у границы последнего голоценового оледенения. Находящийся на севере национального парка Шалго-Бодуновский лес был отнесен к зоне заповедного режима. По предположениям проектировщиков на этой территории находился коренной еловый лес, не затронутый антропогенным использованием. На его территории был основан комплексный заказник и запланирован мониторинг изменения экосистем эталонных среднетаежных лесов. Для решения этих задач были проведены комплексные ботанические исследования, которые включили геоботаническое изучение современного растительного покрова и восстановление его истории [2, 3]. Реконструкция истории растительности проводилась при помощи ботанического анализа торфа (макроостатки) и спорово-пыльцевого анализа отложений из заболоченных понижений на территории заказника.

В настоящее время заповедная зона покрыта мозаично распределенными участками формаций хвойных (еловых и сосновых) и мелколиственных

(березовых и осиновых) насаждений. Количественно преобладают заболоченные ельники с разновозрастным древостоем. Растительный покров несет отчетливо выраженные черты биомов средней тайги: широколиственные породы не образуют выраженных структурных единиц, неморальные виды преимущественно распространены на более богатых почвах у водотоков в подножиях склонов, ярус кустарников не оформлен, слабо распространены чистые кисличники. При этом о близости южной тайги говорят обогащение ельников видами «неморального» комплекса, обилие «условно дубравных» видов (ландыш, костяника), наличие крупных растений в подлеске, достаточно частое возобновление чрез осину, широкое распространение травяных ельников в гидрофильной группе.

Основными вторичными сообществами в Шалго-Бодуновском лесу являются сосняки. В ядре их флоры бореальные виды, обычно широкоареальные. Высокотравье неморальные элементы обычно выпадают. Характерна простая ярусная структура (не выражены подлесок и подъярусы в травостое). Из-за большой разницы экологических условий в биотопах, где доминирует сосна, флористический состав разных сосняков почти не перекрывается. При этом в них ярко проявляются среднетаежные черты: большое распространение черничников и представленность более «южных» вариантов переходными типами (бруснично-орляковые, чернично-вейниковые и др.). Отметим, что обилие «южных» растений в местных сосняках обычно невелико даже в случае достаточно высокого флористического богатства их «южными» видами, поэтому в целом сосняки здесь имеют более северный облик.

Березняки в Шалго-Бодуновском лесу представлены слабее по сравнению с другими лесными территориями национального парка. Они связаны тут с бывшими ельниками на более мелкоземистых почвах. Флора березняков очень гетерогенна. Характерно большое разнообразие комплексов флористических свит в березовых лесах разного типа. Для березняков изучаемой территории отмечено повышенное участие бореально-таежных видов на микроповышениях, обогащение лугово-лесными и неморальными видами, постоянная примесь нитрофилов и регулярное небольшое участие рудералов, отсутствие степняков и большая роль водно-болотных видов.

Среди мелколиственных насаждений специально стоит отметить осинники. Эти довольно однообразные с флористической точки зрения сообщества постоянно сочетают фоновые неморальные и неморально-бореальные растения с луговыми и лугово-лесными видами в окнах дервостоя. Хотя в целом на Белозерско-Кирилловских грядах олуговение в осинниках развито слабее, чем в березняках, в Шалго-Бодуновском лесу встречаются участки уникальных «парковых» осинников с редко стоящими очень крупными осинами и ярко выраженным лугово-лесным разнотравьем. Бореально-таежные виды здесь угнетены и приурочены к фитогенному полю елей.

Флористические обследования показали, что травяно-кустарничковом ярусе Шалго-Бодуновского леса встречается целый ряд редких для региона растений (надбородник безлистный, малина хмелелистная, страусник обыкновенный, пальчатокоренники, башмачок настоящий и др.). Участие сибирских и неморальных элементов среди трав и кустарников (борец высокий, какалия копьевидная, княжик сибирский, жимолость голубая, калина обыкновенная и др.) может трактоваться как реликт исчезнувших лесных сообществ.

Для выяснения истории растительности было проведено бурение торфяной залежи, находящейся в межгрядном понижении. Вскрытая низинная еловая залежь подстилалась минеральным илистым грунтом. Ботанический анализ торфа показал, что отложение его началось близ водотока на дне межгрядовой ложбины. При повышении уровня грунтовых вод осоки (топяная, двудомная, корневищная, шаровидная) вклинивались в эту переходную полосу. В дальнейшем происходили незначительные перемещения русел мелких водотоков, колебания уровня грунтовых вод, сопровождавшиеся некоторым улучшением дренажных условий. В целом основная часть залежи сформировалась в достаточно стабильных условиях и сейчас представлена сильно разложившимся низинным еловым торфом. В ельнике того времени травяной покров был небогат и необилен (вахта, тростник, хвощ, осока шаровидная). Моховой покров представлен в основном зелеными мхами. При увеличении обводненности (возможно, от подпруживания стока) стал откладываться низинный древесно-гипновый торф в соответствующем фитоценозе. В древесном ярусе к ели добавилась береза. Травы изреживаются,

а бриевые мхи увеличивают свое участие. Таким образом, можно говорить о господстве расположенного в мзученном межгивном понижении заболоченного ельника на протяжении практически всего охваченного исследованием отрезка времени.

Спорово-пыльцевой анализ позволил получить материалы по истории растительности не только локального понижения, но и Шалго-Бодуновского леса в целом. Можно констатировать, что здесь тоже господствовали ельники. Примесь мелколиственных пород и сосны была невелика. Участие широколиственных деревьев также слабое и не постоянное. Более или менее обычен среди них был вяз. Совсем нет следов участия дуба. Обычно состав трав был беден, но отмечены вспышки развития разнотравья, связанные с нарушениями леса. Первое из них маркируется участием спор орляка, пыльцы сложноцветных, крапивы, лютиковых, бобовых, зонтичных, розоцветных, щавеля и подорожника. Вероятно, можно говорить об использовании освобожденных от леса ближайших участков в качестве пастбищ и сенокосов. Поздний пик участия орляка совпадает с присутствием в травостое мареновых, гераниевых, лютиковых, розоцветных и зонтичных. Это позволяет предположить размещение рядом сенокосных угодий. В целом спорово-пыльцевая диаграмма указывает, что данный массив по своей истории тяготеет к лесам среднетаежного типа, в которых стабильно господствовала ель.

Таким образом, палеоботанические материалы позволяют заключить, что данной территории характерно длительное господство среднетаежных ельников, но при этом говорить о присутствии здесь первичных коренных ненарушенных фитоценозов нельзя. Результаты палинологического анализа указывают на периодические нарушения леса, использование освобожденных от древостоя участков под пастбища и сенокосы. Рекомендуемое ограничение хозяйственной деятельности в заповедной зоне Национального парка приведет к восстановлению характерных для этого ландшафта типичных среднетаежных ельников.

Другой аспект выявленных периодических нарушений леса связан с вопросом сохранения биоразнообразия. Палеоботанические исследования показывают, что с периодами сведения еловых древостоев связаны вспышки развития разнотравья. Поэтому в целях сохранения флористического

разнообразия можно рекомендовать не только восстанавливать здесь коренные темнохвойные сообщества, но и обеспечить существование типичных вторичных лесов. Сохранение и восстановление осинников и сосняков важно также и потому, что здесь они являются форпостами для распространения южных растений.

Из исчезнувших к настоящему времени древесных пород необходимо отметить вяз. Он изредка встречался в виде примеси к основному древостою, не образуя сейчас самостоятельных насаждений. Сообщества с его участием могут быть рекомендованы к восстановлению по берегам лесных ручьев. Такие фитоценозы будут обогащены неморальными травами. Из широколиственных пород на исследуемой территории в прошлом шире была распространена липа. В современном растительном покрове она изредка представлена угнетенными вегетативными экземплярами. Ее присутствие на защищенных элементах мезорельефа может быть усилено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особо охраняемые природные территории, растения и животные Вологодской области. - Вологда: ВГПИ, 1993.- 255с.
2. Афанасьева Н.Б. Современная лесная растительность и ее история в пределах южной части Белозерско-Кирилловских гряд (Вологодская область): Диссертация ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 1996. 294 с.
3. Афанасьева Н.Б. история лесной растительности Национального парка «Русский Север» (южная часть Белозерско-Кирилловских гряд). Вологда: Сад-огород, 2010. 173 с.

S u m m a r y.

The results of the spore-pollen analysis of peat deposits from a swampy depression in the Shalgo-Bodunovsky forest are presented. The studied territory is located in the protected area of the Russian North National Park. The long-term dominance of spruce forests is shown. The evidence of forest information is noted, which contradicts the widespread idea of the untouchability of this community.

ОТКЛИК ДОЛИННЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В СРЕДНЕМ-ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

П.С. Белянин, Н.И. Белянина

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, pavelbels@yandex.ru

RESPONSES OF VALLEY ECOSYSTEMS IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST TO CLIMATIC CHANGES DURING THE MIDDLE-LATE HOLOCENE

P.S. Belyanin, N.I. Belyanina

Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok

Аннотация.

В ходе биостратиграфического изучения долинных отложений р. Кневичанки (южное Приморье), рек Алчан, Контровод, и Бурлитовка (северное Приморье), восстановлена история развития растительности долинных экосистем юга Дальнего Востока за последние 7500 кал. л. Установлено, что в оптимум голоцена в долинных экосистемах были более широко, чем в настоящее время распространены широколиственные растения. Преобладали смешанные леса с доминированием сосны корейской, сосны густоцветковой, дуба, ильма, бархата амурского, липы, сирени, ореха маньчжурского и других пород. На аккумулятивных равнинах преобладали луга с мелколиственными растительными сообществами. Похолодание, начавшееся в конце среднего и продолжившееся в начале позднего голоцена, привело к сокращению в растительности широколиственных растений и к более широкому распространению мелколиственных. Стабилизация климатических условий в конце позднего голоцена, обусловило формирование современного облика растительности.

Ключевые слова: юг Дальнего Востока, голоцен, биостратиграфический анализ, растительность, климатические изменения.

Юг Дальнего Востока России – один наиболее флористически разнообразных регионов России. Здесь соприкасаются ареалы растений Юго-Восточной и Северо-Восточной Азии с элементами флоры Восточной Сибири. Многие компоненты флоры этого региона произрастают вблизи северных границ своих ареалов, в экстремальных для вегетации климатических условиях [1]. Поэтому, даже незначительные климатические колебания, способны привести к существенным изменениям структуры растительности, свидетельства которых хорошо фиксируются в пыльцевых летописях плейстоцена и голоцена. Поэтому, это ключевой регион для изучения влияния климатических флуктуаций на пространственно-временные миграции растений в прошлом.

По классификации В.П. Кеппена, климат на юге Дальнего Востока в основном теплый летний континентальный или полубореальный (Dwb) [2]. Средняя годовая температура изменяется от -1 °С в северной части хребта Сихотэ-Алинь до +7 °С на крайнем юге Хасанского района. Средняя

температура августа +17...+22 °С. Самое холодное лето в крае – на побережье Татарского пролива на северо-востоке Приморья. Самое жаркое – в западных предгорьях Сихотэ-Алиня. Средняя температура января на побережье от -8 °С до -14 °С. Годовое количество атмосферных осадков – 550-920 мм в год [3].

Цель настоящей работы – реконструировать развитие долинных экосистем юга Дальнего Востока при разнонаправленных климатических изменениях в среднем и позднем голоцене.

В ходе исследования были исследованы комплексы аллювиальных и биогенных отложений пойменных и надпойменных террас в долине нижнего течения р. Бикин и его притоков – р. Алчан, р. Бурлитовки, Контровод, а также р. Кневичанки (табл. 1).

Таблица 1. Географическое и геоморфологическое положение изученных разрезов

Разрез	Геоморфологическая положение	Абсолютная высота, м	Географические координаты
«6204»	Надпойменная терраса р.	58	46°28' с. ш., 134°12' в. д.
«6205»	Контровод, левый приток р. Бикин		
«6024»	Надпойменная терраса р. Бикин	64	46°29' с. ш., 134°29' в. д.
«6010»	Высокая пойменная терраса р. Алчан, правый приток р. Бикин	63	46°39' с. ш., 134°24' в. д.
«6056»	Высокая пойменная терраса р. Бурлитовка, левый приток р. Бикин	63	46°33' с. ш., 134°10' в. д.
«08/20-2008»	Высокая пойменная терраса р. Бикин	53	46°46' с. ш., 134°16' в. д.

Обработка проб на спорово-пыльцевой анализ проводилась по общепринятой методике [4]. Пыльца и споры определялись по возможности до вида. Слабо идентифицируемые микрофоссилии определялись до рода или семейства. Подсчет таксонов выполнен по группам: пыльца деревьев и кустарников; пыльца трав и кустарничков; споры. Локальные палинозоны (ЛП) выделены по изменению участия древесных и кустарниковых, травянистых, а также споровых растений. Спорово-пыльцевая диаграмма составлена с помощью компьютерной программы Tilia. Определение возраста отложений проводилось на основе радиоуглеродного датирования образцов растительного детрита и почвы, выполненного в Институте наук о Земле СПбГУ. Определение возраста радиоуглеродным методом проводилось в Институте геологии НАН Украины (г. Киев), ответственный исполнитель научный сотрудник Н.Н.

Ковалюх. Калибровка радиоуглеродных датировок сделана с помощью программы CalPal2007_HULU [5]. При корреляции полученных биостратиграфических данных использована стратиграфическая схема голоцена, предложенная рабочей группой INTIMATE [6].

По разрезам надпойменных террас р. Алчан из слоя песка с растительными остатками (разрез 6010, глубина 1,7 м) и р. Бурлитовки (разрез 6056, глубина 2,9 м) получены палиноспектры с доминированием пыльцы умеренно-термофильных растений, что говорит о широком развитии в начальную стадию оптимума голоцена (7537 ± 52 кал. л. н. (Ки-3269) и 6988 ± 116 кал. л. н. (Ки-3256) соответственно) в северном Приморье полидоминантных лесов [7]. Свидетельства более широкого распространения широколиственных растений установлены и в долине р. Раздольной около 7434 ± 74 кал. л. н. (Ки-2359) [8].

В условиях максимального потепления (главный оптимум голоцена) проходил следующий этап развития экосистем, зафиксированный в долине р. Бикин пыльцевом комплексе (ПК) 6 (разрез 6204) и ПК 3 (разрез 6205) [9]. В это же время отмечено начало торфообразования в разрезе 6205 на глубине 0,8 м, установленного по радиоуглеродной дате 5859 ± 94 кал. л. н. (Ки-3372). Торфонакопление происходило в течение среднего и позднего голоцена, включая завершающую стадию атлантического периода. В долинных экосистемах северного Приморья доминировали дубово-широколиственные леса с участием хвойных растений. Основными лесобразующими породами были дуб, ильм, орех, ясень, а также береза обыкновенная. Подчиненное положение имели сосна корейская и ель.

Биостратиграфические материалы по разнофациальному разрезу 1706-1, в долине р. Кневичанка в сопоставлении с данными по другим разрезам южного Приморья, показали, в завершающую стадию оптимума голоцена, около 5350 кал. л. н. в растительности долин южного Приморья преобладали смешанные леса с доминированием сосны корейской, сосны густоцветковой, бархата амурского, липы, сирени, ореха маньчжурского и других пород. На аккумулятивных равнинах залива Петра Великого господствовали осоково-вейниковые луга [10].

В результате наступившего после завершения оптимальной фазы голоцена похолодания, в начале позднего голоцена, в растительности долин южного Приморья несколько сократилась доля кедровой сосны и пихты, но из-за более

сухого климата распространилась густоцветковая сосна, а на склонах северных экспозиций ель. Сократилось распространение и широколиственных растений. Одновременно, началась экспансия мелколиственных пород, прежде всего – берез, ольхи и ольхового стланика. На прибрежных равнинах преобладали луга из осок, вейника и тростника. Эти палеоботанические свидетельства получены по свидетельствует таксономическая структура палиноспектров разреза 1706-1 (локальная палинозона 2). Высокое участие в ней спор папоротника чистоуста азиатского, предпочитающего увлажненные и затененные местообитания, указывает на преобладание в долинах сомкнутых хвойно-широколиственных лесов.

Во второй половине позднего голоцена возобновилось потепление, отраженное в палиноспектрах из слоя торфа в разрезах 6204 и 6205, в интервалах глубин 0,6-0,2 и 0,4-0,2 м соответственно, а также в пачке песка и суглинка на глубине 0,08-0 м в разрезе 08/20-2008 [11]. В позднем голоцене сформировалась современная структура растительных формаций, в которых главными породами стали сосна корейская, дуб монгольский, ильм, бархат амурский, калина и сирень. В южном Приморье распространилась пихта цельнолистная. На прибрежных равнинах побережья Японского распространились осоково-вейниковые луга и заросли тростника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров В.Л. Введение к флорам Китая и Монголии // Тр. Санкт-Петерб. бот. сада. 1908. Т. 29. Вып. 1. 176 с.
2. Kottek M., Grieser Beck C. J., Rudolf B., Rubel F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol. Z. 2006. V. 15. P. 259-263.
3. Справочник по климату СССР. Вып. 26: Приморский край. Л.: Гидрометеиздат, 1990. Ч. 4. 238 с.
4. Покровская И.М. Пыльцевой анализ. М.: Госгеолиздат, 1950. 571 с.
5. Weninger B., Jöris O., Danzeglocke U. Cologne radiocarbon calibration & paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition.
6. Walker M.J.C., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L.C., Fisher D.A., Long A.J., Lowe J.J., Newnham R.M., Rasmussen S.O., 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 Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy) // J. Quat. Sci. 2012. V. 27. P. 649-659.
7. Белянина Н.И. Стратиграфия отложений позднего плейстоцена-голоцена бассейна р. Уссури // Материалы XI Всерос. палинол. конф. «Палинология: теория и практика». — М.: АРЕС, 2005. С. 31-32.
8. Павлюткин Б.И., Белянина Н.И. Четвертичные отложения Приморья: некоторые итоги систематизации и дальнейшие перспективы изучения // Тихоокеанская геология 2002. Т. 21. № 3. С. 80-93.

9. Белянин П.С. Развитие геосистем бассейна р. Бикин (Дальний Восток) в среднем и позднем голоцене // География и природные ресурсы 2013. № 1. С. 105-111.
10. Белянин П.С., Белянина Н.И., Гребенникова Т.А. Развитие ландшафтов в долине реки Кневичанки в среднем и позднем голоцене (южный Сихотэ-Алинь) // География и природные ресурсы. 2021. № 1. С. 124-133
11. Белянин П.С. Развитие геосистем бассейна р. Бикин (Дальний Восток) в среднем и позднем голоцене // География и природ. ресурсы. 2013. № 1. С. 105-111.

S u m m a r y.

Based on the biostratigraphic analysis of the valley sediments of the Knevichanka River (Southern Primorye), Alchan, Kontrovod and Burlitovka rivers (Northern Primorye), the history of development of the ecosystems of the south of the Russian Far East over the past 7500 cal BP was reconstructed. It is found that broad-leaved plants in mid-Holocene thermal maximum were more widespread than at present. Coniferous-broadleaved forests was dominated with a predominance of Korean pine, Japanese red pine, Oak, Elm, Amur cork tree, Linden, Lilac, Manchurian walnut and other species. The accumulative plains were dominated by grassy meadows with small-leaved plant communities. A cooling period that began at the end of Middle Holocene and continuing at the beginning of Late Holocene led to a reduction of broad-leaved plants in vegetation and to a more widespread occurrence of small-leaved plants. Climate stabilization at the end of the Late Holocene, led to the formation of the modern appearance of vegetation.

КОРОТКОПЕРИОДНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ В СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ РОССИИ В НАЧАЛЕ ГОЛОЦЕНА

О.К. Борисова, Н.Н. Нарышкина, А.В. Панин

Институт географии РАН, Москва, paleo_igras@mail.ru

SHORT-TERM CLIMATIC OSCILLATIONS IN MIDDLE RUSSIA AT THE BEGINNING OF THE HOLOCENE

O.K. Borisova, N.N. Naryshkina, A.V. Panin

Institute of Geography RAS, Moscow

Аннотация.

По данным палинологического изучения и радиоуглеродного датирования озерных осадков, вскрытых бурением в трех разрезах, расположенных в пределах зон широколиственных и подтаежных лесов центральной части Русской равнины, реконструированы изменения растительности и климата при переходе от позднеледниковья к голоцену, основные климатические фазы пребореала и особенности проявления похолодания, соответствующего пребореальной осцилляции в Гренландии, в этом регионе.

Ключевые слова: раннепребореальное потепление, пребореальная осцилляция, потепление позднего пребореала.

Изменения изотопного состава материковых льдов в Гренландии показывает, что после чередования вековых и тысячелетних теплых и холодных фаз позднеледниковья в голоцене произошла относительная стабилизация климатических условий. Граница позднеледниковья и голоцена проводится на уровне резкого потепления, возраст которого по керну из скважины NorthGRIP оценивается в 11750 лет назад [1]. По европейской биостратиграфической шкале

этот рубеж соответствует границе позднего дриаса и пребореала, когда происходила наиболее глубокая перестройка растительности и ландшафтных систем в целом. По данным исследований гренландских ледниковых кернов в раннем голоцене на относительно высоком термическом фоне отчетливо выделяются несколько резких кратковременных похолоданий – около 11,4, 10,2, 9,3 и 8,2 тыс. л. н. [2-4]. Наиболее раннее из них получило наименование «пребореальная осцилляция» (ПБО) [2]. Те же короткопериодные климатические события прослеживаются на территории Европы по разнообразным палеогеографическим данным высокого разрешения, в том числе и по палинологическим данным [5, 6 и др.]. В целом, степень их проявления сокращается по мере удаления от Северной Атлантики [7, 8].

Начальный этап голоцена (пребореал, 11,75-10,70 тыс. л. н.) по сей день остается наименее изученным в палеогеографическом отношении даже в таком классическом регионе палинологических исследований, как средняя полоса России. Проблемы, возникающие при реконструкциях короткопериодных ландшафтно-климатических изменений, происходивших на переходе от позднеледниковья к голоцену, связаны с высокой динамичностью ландшафтов и активностью эрозионных процессов, которые препятствовали формированию достаточно мощных и непрерывных серий осадков; с отсутствием массового материала для радиоуглеродного датирования в преимущественно терригенных отложениях этого времени и с преобладанием среди древесных пород сосны и березы – ветроопыляемых растений, продуцирующих огромное количество пыльцы, которая легко разносится по воздуху.

Разрез озерно-болотных отложений, вскрытый бурением на высокой пойме р. Десны в окрестностях г. Сельцо (Брянская обл.), является одним из наиболее перспективных для решения упомянутых проблем. Мощность пребореальных осадков, представленных разновидностями гиттии, составляет в этом разрезе 120 см. По отложениям раннего голоцена были получены четыре ^{14}C АМС-датировки. Подробный пыльцевой анализ, включавший в себя определения концентраций пыльцы основных таксонов и изучение непыльцевых палиноморф [9], позволил проследить изменения флоры и растительности с позднего дриаса до бореала, реконструировать короткопериодные колебания климата в течение пребореала и определить особенности проявления ПБО на севере современной

подзоны восточноевропейских широколиственных и сосново-широколиственных лесов.

По всему разрезу преобладает пыльца (п.) деревьев и кустарников, в основном *Pinus sylvestris* (до 60-70% от суммы п. наземных растений) и *Betula sect. Albae* (до 40-50%). Состав пыльцевых спектров в осадках раннепребореального времени отражает мозаичное строение растительного покрова, унаследованное от холодной стадии позднего дриаса. Разнообразие п. трав при участии ксерофильных и криофильных видов указывает на развитие растительности, близкой к перигляциальной лесостепи. В лесах встречались сибирский кедр и лиственница, в настоящее время распространенные в районах с более континентальным климатом, чем современный климат в районе разреза. Доля лесов, в основном сосновых, возрастала в условиях быстрого потепления. Как показывают многочисленные находки устьиц, около 11,5 тыс. л. н. сосна росла вблизи берегов старичного озера. Состав п. водных растений также говорит о довольно высоких летних температурах в это время.

Снижение доли п. древесных пород, обилие и разнообразие п. лугового разнотравья, обеднение состава водных растений в интервале около 11,4–11,2 тыс. л. н. свидетельствуют о довольно резком похолодании, которое сменилось более медленным потеплением при снижении континентальности климата. Об этом говорит рост доли п. мезофильных кустарников – *Betula humilis*, *Alnaster* и *Salix*, обилие спор папоротников, появление спор сфагновых мхов и плаунов. Похолодание вызвало сокращение участия сосны в древостоях в непосредственной близости от разреза.

Анализ палинологических данных показывает, что в позднем пребореале процесс потепления возобновился. В его начале климатические условия, вероятно, были более влажными, чем в конце. Изменения в составе водной и прибрежно-водной растительности и новое резкое повышение роли папоротников отражают процессы зарастания старичного озера и заболачивания его берегов, которое привело к началу торфонакопления в бореале.

Для сравнения нами были изучены отложения того же временного интервала по скв. ПР-10, заложенной на высокой пойме р. Протвы в г. Боровске (Калужская обл.), на юге подзоны широколиственно-хвойных (дубово-еловых) подтаежных лесов, в 250 км к СВ от разреза Сельцо. На этой территории доля темнохвойных лесов в составе растительности была несколько больше, чем в

верховьях Десны: здесь доля п. ели достигает 10% в раннем пребореале и снижается до 1-2% в похолодание ПБО; п. *Pinus sibirica* присутствует в небольшом количестве в течение всего пребореала. П. лиственницы, напротив, обнаружена только в слоях раннего пребореала, а выше по разрезу не найдена. На более высокие летние температуры, возможно, связанные с большей континентальностью климата, указывает появление п. кувшинки в самом начале пребореала, кубышка же росла в этом водоеме уже в конце позднего дриаса. Смена озерного осадконакопления формированием осокового торфа здесь также произошла раньше, чем в разрезе Сельцо (в позднепребореальное потепление).

Еще один разрез, использованный для сравнительного анализа данных по пребореальному интервалу, расположен в Дмитровском районе Московской области, приблизительно в 110 км к ССВ от разреза на р. Протве, и вскрывает осадки оз. Долгое [8, 10]. При переходе от позднеледниковья к голоцену доля п. древесных пород в спектрах здесь возросла до 55% от суммы п. наземных растений, сократилась до 30% в интервале, соответствующем ПБО, вновь возросла до 40% в позднем пребореале и в течение бореала достигла 80-90% спектров. Соответствующие изменения прослеживаются и в процентных соотношениях п. основных древесных пород – *Betula*, *Pinus* и *Picea*. В большинстве образцов позднеледникового и раннеголоценового возраста п. березы составляет до 70-90% от суммы п. деревьев. Доля п. ели и сосны резко возрастает в слоях, соответствующих потеплению раннего пребореала, и столь же резко сокращается в ПБО. В слоях позднего бореала среди древесной п. доминирует п. березы (до 90%). Новый подъем содержания п. сосны (до 30-40% от суммы п. деревьев) отмечен позднее, в бореале, где п. ели встречается редко. П. кедра и лиственницы в пребореальных слоях этого разреза не обнаружена. Из трех рассмотренных нами разрезов здесь отмечено наибольшее увеличение доли п. трав, в том числе полыней, в спектрах ПБО, что может указывать на сравнительно сухие условия, существовавшие во время этого похолодания.

Проведенный нами анализ показал, что быстрое потепление раннего пребореала продолжило собой потепление конца позднего дриаса и достигло максимума около 11,5 тыс. л. н. при относительно сухом и континентальном климате. Во второй половине раннего пребореала (11,4-11,2 тыс. л. н.) произошло похолодание, соответствующее ПБО в Гренландии, отмеченное значительным сокращением доли древесной растительности и расширением

открытых сообществ по сравнению с началом пребореала. В позднем пребореале, 11,2-10,7 тыс. л. н., возобновилось потепление, сопровождавшееся снижением континентальности климата. Вероятно, его ранняя фаза была более влажной, чем поздняя. Это потепление привело к новому расширению лесных сообществ, и при дальнейшем его развитии в бореале леса заняли господствующее положение в растительном покрове территории.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-27-00639.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rasmussen S.O., Andersen K.K., Svensson A.M., Steffensen J.P., Vinther B.M., Clausen H.B., Siggaard-Andersen M.L., Johnsen S.J., Larsen L.B., Dahl-Jensen D., Bigler M., Rothlisberger R., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M.E., Ruth U. A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2006. V. 111. D06102.
2. Kobashi T., Severinghaus J., Barnola J.-M. $4 \pm 1.5^\circ\text{C}$ abrupt warming 11,270 yr ago identified from trapped air in Greenland ice // *Earth and Planetary Science Letters*. 2008. V. 268. No. 3. P. 397–407.
3. Fleitmann D., Mudelsee M., Burns S.J., Bradley R.S., Kramers J., Matter A. Evidence for widespread climatic anomaly at around 9.2 ka before present // *Paleoceanography*. 2008. V. 23. PA1102.
4. Thomas E.R., Wolff E.W., Mulvaney R., Steffensen J.P., Johnsen S.J., Arrowsmith C., White J.W.C., Vaughn B., Popp T. The 8.2 ka event from Greenland ice cores // *Quaternary Science Reviews*. 2007. V. 26. P. 70–81.
5. Plicht J. van der, van Geel B., Bohncke S.J.P., Bos J.A.A., Blaauw M., Speranza A.O.M., Muscheler R., Björck S. The Preboreal climate reversal and a subsequent solar-forced climate shift // *Journal of Quaternary Science*. 2004. V. 19. P. 263–269.
6. Bos J.A.A., van Geel B., van der Plicht J., Bohncke S.J.P. Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records // *Quaternary Science Reviews*. 2007. V. 26. P. 1927–1950.
7. Борзенкова И.И., Борисова О.К., Жильцова Е.Л., Сапелко Т.В. Холодный эпизод около 8200 лет назад в Северной Европе: анализ эмпирических данных и возможных причин // *Лед и снег*. 2017. Т. 57. № 1. С. 117–132.
8. Борисова О.К., Нарышкина Н.Н., Константинов Е.А., Панин А.В. Ландшафтно-климатические изменения в пребореале на северо-западе европейской части России // *Геоморфология*. 2022. Т. 53. № 3. С. 19–28.
9. Борисова О.К., Нарышкина Н.Н., Панин А.В. Новые данные о проявлении пребореальной осцилляции на западе европейской территории России // *География: развитие науки и образования*. Сб. статей по материалам ... конференции LXXV Герценовские чтения, Санкт-Петербург, 20-23 апреля 2022 г. СПб: РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. Т. 1. С. 204–209.
10. Kremenetski K.V., Borisova O.K., Zelikson E.M. The Late Glacial and Holocene history of vegetation in the Moscow region // *Paleontological Journal*. 2000. V. 34. Suppl. 1. P. S67–S74.

S u m m a r y.

Based on the results of palynological studies and radiocarbon dating of lacustrine sediments, penetrated by bore-holes at three sites located within the zones of broad-leaved and subtaiga forests of the central Russian Plain, changes in vegetation and climate during the transition from the Late Glacial to the Holocene are reconstructed. The main climatic phases of the Preboreal in this region, including manifestation of the short-term cooling corresponding to the Preboreal Oscillation in Greenland, are established.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕДОГЕНЕЗА В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА НА РУССКОЙ РАВНИНЕ

Н.И. Глушанкова

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, ni.glushankova@mail.ru

SOME FEATURES OF PEDOGENESIS IN THE NATURAL AND CLIMATIC CYCLES OF THE LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE ON THE RUSSIAN PLAIN

N.I. Glushankova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, ni.glushankova@mail.ru

Аннотация.

Детальные палеопедологические исследования, проведенные в последние десятилетия на территории бассейнов Днепра, Дона, Волги показывают, что формирование современного (дневного) почвенного покрова происходило на фоне значительных изменений природной среды, носивших направленно-колебательный характер: от холодных перигляциальных условий позднеледниковья до условий с высокой тепло- и влагообеспеченностью в середине голоцена (атлантический период), и к более низкому уровню термообеспеченности настоящего времени. Мерзлотный педогенез, характерный для ледниковых эпох, сменился интенсивным почвообразованием, характерным для межледниковий и послеледниковья (голоцена). Установлено: 1) принципиальное сходство строения микулинского и голоценового почвенного покрова; 2) голоценовые почвы не наследуют свойства позднеледниковых почв.

Ключевые слова: голоцен, плейстоцен, палеопочвы, палеопедогенез, природная среда, межледниковье, интерстадиал, эволюция

В последние десятилетия, в связи с возросшей интенсивностью антропогенной деятельности и возникших при этом изменений отдельных компонентов природной среды, резко возрос интерес не только к современному состоянию биосферы, но и к ее изменениям в прошлом с целью выработки долгосрочного прогноза возможных изменений и сохранения ландшафтного разнообразия. В связи с этим особый интерес вызывают исследования в области палеопочвоведения. Это определяется непосредственным соприкосновением проблемы палеопедогенеза с проблемой антропогенных изменений и, прежде всего, современных почв, крайне важной, как в теоретическом, так и в прикладном аспектах.

Современное почвообразование отражает лишь одну из фаз длительной и сложной эволюции природной среды в плейстоценовой истории Русской равнины. Поэтому для познания свойств и истории формирования современных (голоценовых) почв необходимы конкретные знания о закономерностях развития почвообразования в прошлом, без которых невозможно решение многих генетических и классификационных вопросов. К настоящему времени наиболее полно изученными являются природные события последнего позднеледникового макроцикла,

включающего микулинское межледниковье (теплый полуцикл) и валдайское оледенение (холодный полуцикл), а также этапы переходные между ними. Природно-климатические колебания внутри этого цикла нашли отражение в строении лессово-почвенной формации, широко распространённой и детально изученной автором в серии опорных разрезов, на различных в природно-генетическом отношении территориях бассейнов рек Днепра, Дона, Волги.

Сравнительный анализ трех позднеплейстоценовых эпох педогенеза показывает, что к голоценовому максимально приближено, хотя и не является идентичным по строению почвенного покрова, микулинское межледниковье (ИКС 5е), в течение которого был реализован полный межледниковый цикл эволюции почв, и которое может рассматриваться в качестве эпохи – аналога голоценового межледникового почвообразования. Принципиальное сходство микулинского межледниковья с голоценом, доказанное на основании палеопедологических и палинологических данных, свидетельствует о проявлении тех же почвообразовательных процессов при межледниковом педогенезе, что и в современных почвах. Их географическая приуроченность в общих чертах сопоставима с современностью [1,2].

Длительное и сложное в палеогеографическом отношении время, последовавшее за микулинским межледниковьем, характеризовалось на начальных этапах многочисленными климатическими колебаниями – похолоданиями и потеплениями. Во время похолоданий наблюдалось лёссонакопление на фоне криоаридных условий, а во время межстадиальных потеплений – почвообразование. Интерстадиальное почвообразование начальных этапов валдайского оледенения на Русской равнине представлено почвой крутицкого интерстадиала (ИКС 5а) – верхнего члена полигенетического мезинского комплекса (ИКС 5). Строение почвенного покрова этого времени существенно отличалось от межледникового однообразием в проявлении процессов педогенеза, среди которых преобладали гумусово-аккумулятивные. В составе однообразного по строению почвенного покрова преобладали почвы черноземовидного генезиса. В это время наблюдалось общее ослабление структуры почвенной зональности – гиперзональности, свойственной как холодным ледниковым эпохам, так и интерстадиальным потеплениям. В эпоху последнего потепления – Дунаевского интерстадиала - преобладали почвы дерново-глеевого генезиса (ИКС 3). Основой дифференциации почвенного покрова была не термообеспеченность, а различия в увлажнении фациального порядка. Криогенные процессы владимирской криогенной фазы, наступившей непосредственно за завершением интерстадиального почвообразования или на его завершающих этапах,

существенно нарушили почвенный покров мелкими структурными деформациями, которые создали рельеф типа пятен-медальонов.

Противофазой микулинскому межледниковью по своим природным условиям является эпоха наибольшего похолодания за весь плейстоцен – климатический минимум, совпадающий с максимумом поздневалдайского оледенения [3]. Это был важный палеогеографический этап, определивший особенности ландшафта и почвенного покрова в ряде районов Русской равнины, где был распространен микрорельеф, сходный с существующим ныне на северо-востоке Сибири и северной Якутии. В это время повсеместное развитие получили криогенные полигональные системы, сплошь покрывавшие междуречные пространства. Завершение холодного полуцикла (валдайское оледенение) и переход к современному природно-климатическому макроциклу характеризуется резкими коротко периодичными колебаниями климата. Максимальные по своей амплитуде климатические колебания отмечались на границе между поздним плейстоценом и голоценом, когда за короткие промежутки времени происходила перестройка от гиперзональных условий к зональным. Палеоботанические данные указывают на пульсирующий характер изменения растительности и климата [4]

Формирование современного почвенного покрова на Русской равнине началось на переходе от позднего плейстоцена к голоцену, приблизительно 10–12 т.л.н. Радиоуглеродное датирование подтверждает голоценовый возраст современных (дневных) почв. Возраст нижней части их гумусового профиля по ^{14}C нередко достигает 6-7, иногда 9,5-9,8 тыс. лет. При этом более древние датировки современных почв обнаруживаются в южной части Русской равнины, где формирование их, по-видимому, началось раньше (на 2-3 т.л.). Оно происходило на фоне весьма существенных изменений природной среды: от холодных перигляциальных условий позднеледниковья до условий с высокой тепло-, влагообеспеченностью в середине голоцена (атлантический период) и затем к более низкому уровню термообеспеченности в настоящее время. Мерзлотное почвообразование, свойственное ледниковым эпохам, сменилось интенсивным, характерным для межледниковий и послеледниковья (голоцена). Такой общий тренд развития природного процесса подразделяется на этапы с весьма существенными изменениями ведущих факторов педогенеза, нашедших отражение в смене стадий почвообразования, признаки которых в отдельных случаях обнаруживаются в строении почвенных профилей.

В начале голоцена (13-11,5 тыс. лет), со сменой климатических условий (потепление бёллинг, кратковременное похолодание средний дриас, потепление аллерёд), наступает этап направленной деградации мерзлоты, приведший к

формированию реликтового криогенного микрорельефа, повлиявшего на последующую историю развития педогенеза в голоцене. В межстадиальные эпохи (бёллинг, аллерёд), при некотором смягчении климата, увеличивалась роль древесной растительности. Наблюдается проявление начальных этапов лесного почвообразования. В холодные этапы (средний дриас) усиливается континентальность и аридность климата, активизируется седиментогенез. Широкое распространение в перигляциальных районах получают безлесные ландшафты с преобладанием ксерофитных травянистых сообществ и тундровых группировок. В позднем дриасе (11,5-10,3 тыс. лет) наблюдается резкое похолодание, возврат криогенных процессов, господство степных ландшафтов.

Средний голоцен, с теплым и влажным климатом в первой половине периода и несколько более холодным и сухим во второй, характеризовался расширением площади широколиственных лесов с примесью бука и граба, продвижением к северу степной зоны. Под ними шло формирование черноземовидных и серых лесных почв с хорошо развитым гумусовым профилем.

Со сменой климатических условий на протяжении пребореала, бореала, начала атлантики (10,3-6 тыс. лет) наступает этап деградации мерзлоты, формирование реликтового криогенного микрорельефа (полигонального, бугристо-полигонального, термокарстового), что в дальнейшем повлияло на структуру почвенного покрова и всю последующую историю педогенеза в голоцене. На протяжении всего этапа усиливается роль лесного почвообразования. В середине атлантики (6–4,5 тыс. лет) отмечается наиболее высокая теплообеспеченность. В почвенном покрове происходит формирование тёмноцветных гумусовых горизонтов.

В начале позднего голоцена наблюдается увеличение влажности на фоне некоторого похолодания. В это время вновь распространяются леса, происходит деградация среднеголоценового гумусового профиля, от которого сохранилась лишь нижняя часть в виде второго гумусового горизонта. На последующих этапах голоцена, сведение лесов человеком способствовало распространению дернового процесса, в частности, явлению проградации черноземов. В период 4,5-2,5 тыс. лет – настоящее время наблюдается дальнейшее усиление роли лесной растительности на фоне увеличения увлажнения. В заключительный этап холодного полуцикла происходит неоднократная смена направлений педогенеза, создается основа для унаследованных признаков голоценовых почв [4,5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозова Т.Д. Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене. М.: Наука. 1981. 282 с.
2. Глушанкова Н.И. Палеопедогенез и природная среда Восточной Европы в плейстоцене // Смоленск-Москва. Изд. «Маджента». 2008. 348 с.
3. Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука. 1973. 256 с.
4. Хотинский Н.А. Голоцен северной Евразии. М.: Наука. 1977. 200 с.
5. Александровский А.Л. Развитие почв Восточной Европы в голоцене. Автореф. дис. док. геогр. Наук. М. ИГРАН. 2002. 48 с.

S u m m a r y.

Detailed paleopedological studies conducted in recent decades on the territory of the basins of the Dnieper, Don, Volga show that the formation of the modern (daytime) soil cover occurred against the background of significant changes in the natural environment, which had a directional-oscillatory character: from cold periglacial conditions of the Late Glacial period to conditions with high heat and moisture availability in the middle of the Holocene (Atlantic period), and to a lower level of thermal security of the present time. Permafrost pedogenesis, characteristic of glacial epochs, was replaced by intensive soil formation, characteristic of interglacial and postglacial (Holocene). The fundamental similarity of the structure of the Mikulinsky and Holocene soil cover has been established; Holocene soils do not inherit the properties of Late Pleistocene soils.

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА СВОЙСТВА ТОРФЯНЫХ ОЛИГОТРОФНЫХ ПОЧВ В ГОЛОЦЕНЕ (СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ ЕНИСЕЯ)

Н.М. Горбач^{1,2}, В.В. Старцев², А.С. Мазур³, А.С. Прокушкин⁴, А.А. ДЫМОВ^{1,2,5}

¹Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар, nikolay.tbo@gmail.com

²Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, vik.startsev@gmail.com

³Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, a.mazur@spbu.ru

⁴Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск, prokushkin@ksc.krasn.ru

⁵Факультет почвоведения Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, г. Москва, aadyumov@gmail.com

INFLUENCE OF FIRES ON THE PROPERTIES OF OLIGOTROPHIC PEAT SOILS DURING THE HOLOCENE

N.M. Gorbach^{1,2}, V.V. Startsev², A.S. Mazur³, A.A. Dymov^{1,2,4}

¹Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar

²Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

³Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

⁴Sukachev Institute of Forest Siberian Branch of Russian Academy of Science, Krasnoyarsk

⁵Faculty of Soil Science, Moscow State University, Moscow

Аннотация.

Торфяные олиготрофные почвы являются уникальными архивами, хранящими информацию об экологических и климатических изменениях в течение голоцена. Текущее глобальное изменение климата и учащение пожаров могут привести к росту выбросов парниковых газов из богатых торфом биомов в атмосферу и привести к неожиданным климатическим и экологическим изменениям. В данной работе исследования проводились с

применением методов радиоуглеродной датировки, твердофазной ^{13}C -ЯМР спектроскопии и подсчета макроскопических частиц (макрочастиц) угля. Выявлено высокое содержание макрочастиц в период оптимума голоцена. Показано, что в горизонтах с высокой концентрацией угля возрастает доля участия углерода, связанного с ароматическими структурами.

Ключевые слова: Пожары, Торфяные почвы, Голоцен, ^{13}C -ЯМР, Бореальные леса, Макрочастицы угля.

Современное глобальное потепление воздействует на все элементы окружающей среды, влияя на частоту и интенсивность пожаров. Пожары, вызванные климатическими изменениями, являются общепланетарными и оказывают дестабилизирующее влияние на все компоненты биосферы, регулируя их функционирование и формируя новые послепожарные экосистемы [1, 2]. На протяжении последних двух десятилетий ученые все чаще выявляют экстремальные колебания климата, сопровождающиеся изменением динамики пожаров. Часто причиной резких флуктуаций климата называют антропогенную деятельность. Современное антропогенное изменение климата опасно, так как данный процесс происходит быстро и в сочетании с многими другими необратимыми изменениями в биосфере Земли. Но изменения климата происходили ранее при отсутствии антропогенной нагрузки [3]. Однако, если мы хотим выявить то, как сильно меняется климат и виноват ли в этом человек, стоит обратить внимание на естественную изменчивость климата на протяжении голоцена. Наиболее примечательным представляется климатический оптимум голоцена, как ближайший долгосрочный период, когда средняя температура превышала современные значения.

Для глобального углеродного цикла важное значение имеют торфяные болота (торфяники), так как они содержат большие запасы углерода (C) в биосфере. Торфяники покрывают лишь 2–3% поверхности суши Земли, но депонируют около 25% углерода в почве [4]. В экосистемах торфяников накапливаются мощные и плотные слои органической почвы, поскольку продукция органики превышает разложение по всей глубине торфяной залежи. Кроме того, торфяные почвы являются уникальными архивами, хранящими информацию о климатических и экологических изменениях, поэтому подходят для изучения истории прошедших пожаров [5]. Изучение истории пожаров возможно благодаря тому, что в торфяниках хорошо сохраняются постпирогенные углистые частицы, благодаря замедленному вовлечению их в

биологический круговорот из-за химических особенностей и неспособности деструкторов проникать в условия дефицита кислорода [6].

Целью работы являлась реконструкция динамики пожаров и оценка их воздействия на органическое вещество торфяных олиготрофных почв на территории среднего течения Енисея в голоцене.

Объект исследования расположен в подзоне средней тайги на территории Красноярского края (60°75'61" с. ш., 89°40'45" в. д.) и представляет собой обширное болото (рям) площадью около 160 га. Глубина торфяной залежи в центральной части болотного массива составила 430 см.

Реконструкцию динамики пожаров осуществляли по методике подсчета макроскопических частиц (макрочастиц) угля [7]. Процесс предполагал отбор образца сырого торфа объемом 1 см³ каждые 2 см торфяной колонки и последующее отбеливание в 10%-м водном растворе NaOCl объемом 100 см³ в течение не менее 24 ч при комнатной температуре для выявления содержания углистых частиц. Радиоуглеродный анализ проведен жидкостно-сцинтилляционным методом с помощью спектрометра-радиометра Quantulus в Институте мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН (ИМКЭС СО РАН). Состав органического вещества определяли методом твердотельного CP-MAS ¹³C-ЯМР в ресурсном центре научно-исследовательского парка «Методы магнитно-резонансных исследований» Санкт-Петербургского государственного университета.

В результате комплексных исследований реконструирована динамика пожаров в подзоне средней тайги на территории Красноярского края в голоцене (рис. 1). Выявлены изменения почв в результате пожаров, следы которых сохранились в торфяных олиготрофных почвах.

В ходе работ выявлено, что исследуемые ландшафты подвергались пожарам в течение всего голоцена. Определено 11 пожаров локального уровня (пожары затрагивали болото и (или) леса, расположенные поблизости). Повышенная концентрация макрочастиц угля (до 378 шт/см³) наблюдается в нижних торфяных горизонтах, датируемых атлантическим периодом голоцена в интервале от ~9000 до ~5000 кал. л. н. Суббореальный и субатлантический периоды характеризуются существенно меньшей скоростью аккумуляции макрочастиц угля. Показано, что в теплые периоды голоцена в результате

частых пожаров, стабильных форм углерода накопилось значительно больше, чем в холодные периоды.

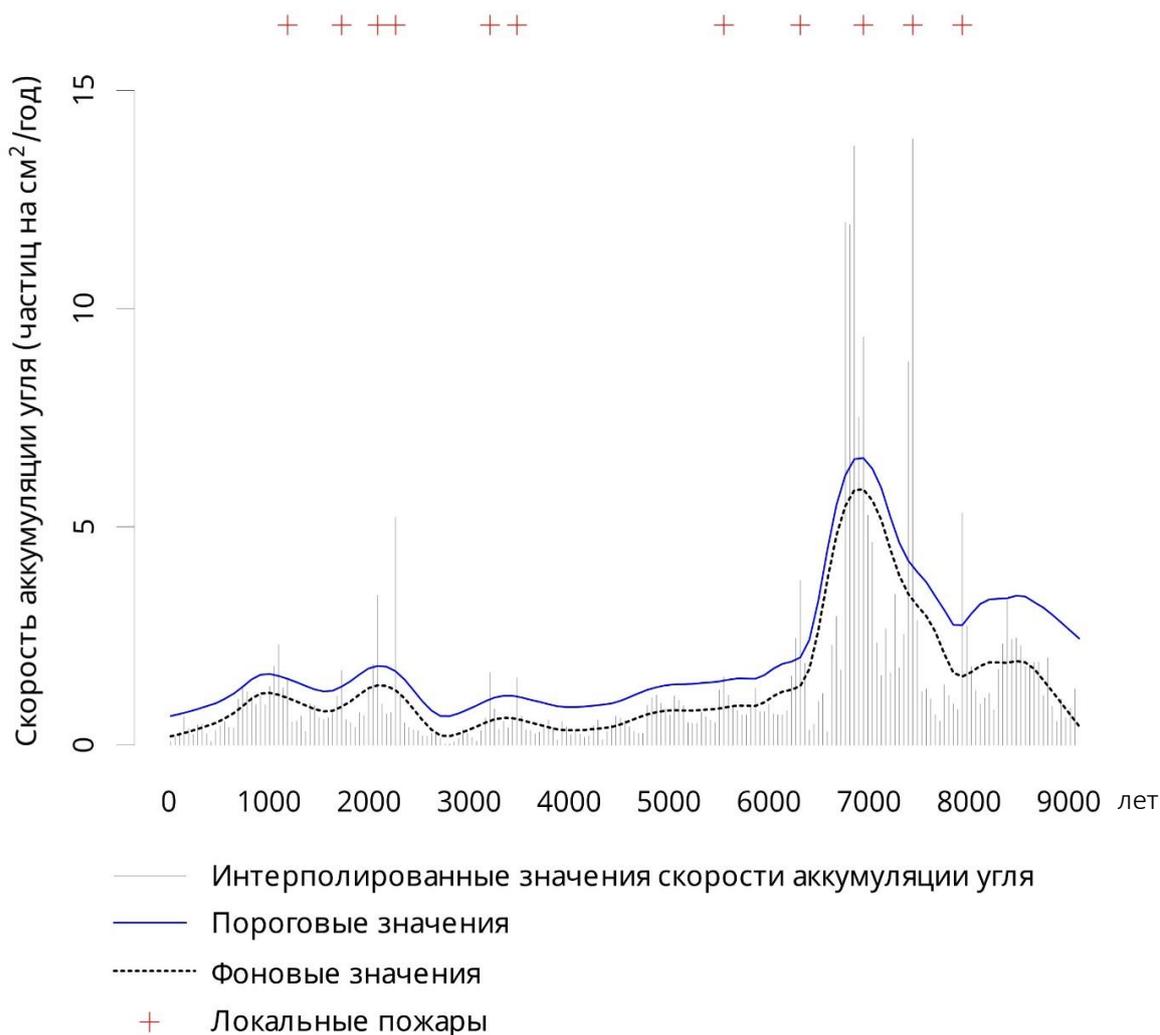


Рис. 1. Содержание макроскопических частиц угля и радиоуглеродное датирование в исследуемых торфяных почвах.

Выявлены локальные максимумы содержания углерода, связанного с ароматическими структурами в ПОВ (табл. 1). Вероятно, они пирогенного происхождения, так как в данных горизонтах также наблюдается высокое содержание макроскопических частиц угля. Коэффициент корреляции Спирмена между концентрацией макрочастиц угля и долей углерода связанного в ароматических структурах (f_a) равна 0.846 ($p < 0,05$).

Таблица 1 Процентное распределение (%) интенсивности сигнала между выбранными областями химического сдвига (м.д.) спектров ЯМР ¹³C CP-MAS

Образец	Молекулярный фрагмент. Интервал, м.д.								fa (%)
	<i>CAIk-H</i>	<i>CCH3-O</i>	<i>CAIk-O</i>	<i>CO-Alk-O</i>	<i>CAr-H(C)</i>	<i>CAr-O, N</i>	<i>CCOOH(R)</i>	<i>CC=O</i>	
	0–45	45–60	60–95	95–110	110–145	145–165	165–185	185–220	
0–20	16.62	6.82	41.38	12.14	12.76	5.81	3.81	0.66	18.56
20–40	25.90	7.39	35.86	10.33	10.79	5.07	4.37	0.30	15.86
40–60	17.87	6.19	47.53	11.28	9.71	3.45	3.97	0.00	13.16
60–80	15.39	6.29	51.20	11.38	9.37	3.28	3.09	0.00	12.65
80–100	20.86	6.45	46.01	10.38	10.19	2.99	3.11	0.00	13.18
100–120	24.51	6.04	39.19	9.89	12.35	4.36	3.66	0.00	16.71
120–140	17.45	5.20	46.20	11.83	11.36	4.35	3.61	0.00	15.71
140–160	16.81	5.65	46.75	11.25	11.92	4.11	3.52	0.00	16.03
160–180	18.25	6.49	43.96	10.78	13.29	4.55	2.68	0.00	17.85
180–200	19.86	6.12	42.76	10.64	12.84	4.43	3.34	0.00	17.27
200–220	21.55	8.91	32.51	8.40	14.37	5.69	6.63	1.94	20.05
220–240	23.92	9.34	28.98	7.67	14.17	5.63	8.02	2.27	19.80
240–260	32.72	8.30	23.29	6.02	14.76	6.04	6.49	2.39	20.80
260–280	30.52	8.72	24.61	6.45	15.66	5.95	5.94	2.15	21.62
280–300	26.59	8.59	25.81	7.20	17.12	6.87	5.71	2.10	23.99
300–330	28.54	9.48	21.33	6.42	19.43	7.78	4.95	2.06	27.21
330–360	28.12	8.24	25.02	6.98	17.06	6.81	5.83	1.93	23.87
360–380	24.67	7.11	29.36	8.00	16.27	6.96	5.47	2.16	23.23
380–400	24.37	7.64	26.23	7.67	18.09	7.61	5.87	2.51	25.70
400–420	27.27	8.22	23.20	7.34	18.73	7.81	5.45	1.97	26.54

*fa – степень ароматичности (сумма фенольных и бензольных ядер)

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 19-29-05111 МК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Furyaev V.V., Vaganov E.A., Tchebakova N.M., Valendrik E.N. Effect of fire and climate on successions and structural changes of the Siberian boreal forest // Eurasian J. For. Res. 2001. №. 2. P. 1–15.
2. Горбач Н.М., Кутявин И.Н., Старцев В.В., Дымов А.А. Динамика пожаров на Северо-Востоке европейской части России в голоцене // Теоретическая и прикладная экология. 2021. №. 3. С. 104–110. <http://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-3-104-110>.
3. Sohn E. Climate change and the rise and fall of civilizations // NASA Global Climate Change. 2014.
4. Yu Z. Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review. // Biogeosciences. 2012. Т. 9. №. 10. С. 4071–4085. <https://doi.org/10.5194/bg-9-4071-2012>.
5. Egli M., Mastrolonardo G., Seiler R., Raimondi S., Favilli F., Crimi V., Krebs R., Cherubin P., Certini G. Charcoal and stable soil organic matter as indicators of fire frequency, climate and past vegetation in volcanic soils of Mt. Etna, Sicily // Catena. 2012. V. 88. P. 14–26. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.08.006>.
6. Preston C.M., Schmidt M.W.I. Black (pyrogenic) carbon: a synthesis of current knowledge and uncertainties with special consideration of boreal regions // Biogeosciences. 2006. V. 3. No. 4. P. 397–420.
7. Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // Mires and Peat. 2011. V. 7. P. 1–18.

S u m m a r y.

Peat oligotrophic soils are unique archives that store information about climate and environmental changes during the Holocene. Current global warming and increased fires could increase carbon emissions from peat-rich biomes into the atmosphere and lead to unexpected climate and environmental changes, biodiversity loss and ecosystem changes. In this work, studies were carried out using the methods of radiocarbon dating, solid-phase ¹³C-NMR spectroscopy, and counting of macroscopic coal particles. A high content of macroscopic particles was revealed during the period of Holocene optimum. It is shown that in depths with a high concentration of coal, the proportion of carbon associated with aromatic structures increases.

ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ЗА 5500 ЛЕТ

Л.А. Горланова, В.В. Кукарских, Р.М. Хантемиров
*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, gorlanova@ipae.uran.ru*

TREE-RING RECONSTRUCTION OF EXTREME CLIMATIC EVENTS IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA FOR 5 500 YEARS

L.A. Gorlanova, V.V. Kukarskih, P.M. Hantemirov
Institute of Plant and Animal Ecology, Ekaterinburg, e-mail: gorlanova@ipae.uran.ru

Аннотация.

На основе анализа встречаемости аномальных образований (морозобойных, ложных и светлых колец) в древесине *Larix sibirica* и *Picea obovata* выполнена реконструкция климатических экстремумов на Ямале за последние 5500 лет. Сравнение данных по Ямалу с литературными данными по другим регионам показало, что почти в половине случаев они совпадали с подобными экстремумами в других отдаленных районах Земли, т.е. имели глобальный масштаб. Наиболее значимые из них имели место в 420 г. до н.э., 536, 543, 627, 903, 940, 1151, 1259, 1300, 1453, 1466, 1585, 1601, 1609, 1642, 1699, 1783, 1818, 1867, 1872 гг. н.э. как в западном, так и в восточном полушариях. Причиной выявленных экстремальных летних похолоданий глобального масштаба в большинстве случаев можно считать крупные вулканические извержения.

Ключевые слова: климатические экстремумы, Ямал, морозобойные кольца, ложные кольца, светлые кольца

Регулярные инструментальные наблюдения за экстремальными климатическими явлениями начались лишь с момента организации метеорологических станций, их длительность, как правило, не превышает 100 лет. Это сдерживает выявление закономерностей проявления климатических экстремумов в масштабе столетий и тысячелетий.

Один из наиболее перспективных методов реконструкции климатических экстремумов в далеком прошлом основан на анализе аномальных тканевых и клеточных структур в годичных слоях прироста древесных растений [1], а также ширины годичных колец. Этот метод позволяет реконструировать

события с точностью до года, а некоторые из них с точностью до одной-двух недель. На основе данных изучения ныне живущих деревьев можно выполнить реконструкции длительностью до нескольких сотен лет. В связи с тем, что в некоторых субарктических районах имеется большое количество древней (полуископаемой) древесины голоценового возраста хорошей сохранности, имеется возможность продления древесно-кольцевых хронологий далеко в глубь веков. В настоящее время на полуострове Ямал построена многотысячелетняя древесно-кольцевая хронология длительностью 8768 лет [2]. Эта хронология выполнена на основе ширины годичных колец лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), произрастающей в высоких широтах, в районах, где деревья наиболее чувствительны к изменениям летней температуры.

Большое количество полуископаемой древесины голоценового возраста содержится в аллювиальных отложениях южной части полуострова Ямал. Наибольшую долю этих образцов (95%) составляет лиственница сибирская (*Larix sibirica*), гораздо меньше (4%) ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.)

Анализ аномальных структур проводился в основном по древесине лиственницы сибирской, а также, в незначительной степени, ели сибирской, так как доля ели в сборах полуископаемой древесины невелика. Всего для анализа аномальных структур было использовано 568 образцов лиственницы (из них 506 полуископаемых) и 49 образцов ели (из них 29 полуископаемых), в которых просмотрено соответственно около 73 и 10 тыс. колец.

Для реконструкции экстремальных температурных событий мы использовали три типа повреждений нормальной анатомической структуры годичных колец живых и полуископаемых деревьев: морозобойные повреждения (морозобойные кольца), флуктуации плотности древесины (ложные кольца) и светлые кольца.

Аномальные структуры определялись визуально при осмотре поперечных срезов образцов древесины в бинокулярный микроскоп при увеличении в 32–56 раз.

Морозобойное кольцо (frost ring) в ксилеме прерывает нормально залегающую последовательность радиальных рядов трахеид. Типичное морозобойное кольцо хвойных состоит из трех зон: зоны деформированных,

искривленных трахеид; зоны аморфного вещества, состоящего из разрушенных клеток, и следующей за ними зоны восстановления, состоящей из ненормальных по форме и величине трахеид, представляющих собой травматическую паренхиматозную ткань и зону расширенных ксилемных лучей. Морозобойное повреждение может проявляться и в более слабой степени.

Как показали наблюдения в природе и экспериментальные исследования, морозобойные кольца образуются при снижении температуры воздуха до отрицательных значений в период активности камбия и роста клеток ксилемы. Морозобойные кольца в древесине лиственницы на Ямале образуются при заморозках в период примерно с 20 июня по 20 июля.

Однако, степень повреждения камбия зависит от величины отрицательной температуры, времени воздействия заморозка, степени активности камбия в разных частях ствола дерева, толщины теплоизолирующего слоя – коры.

Под термином “ложное кольцо” (флуктуация плотности древесины) понимают один или несколько слоев клеток в пределах годичного кольца, которые выделяются из соседних слоев по форме, размеру, а также форме и толщине клеточной стенки. Эти структуры в кольцах деревьев также называются дополнительные кольца (additional rings), полосы прироста (growth bands), двойные кольца (double rings), множественные кольца (multiple rings), ложные кольца (false rings) или внутригодичные полосы прироста (intra-annual growth bands).

Подобная структура может возникать при сравнительно долговременном (одна-две недели) ухудшении условий в течение вегетационного сезона (на полярной границе леса – при понижении температуры воздуха) и последующей нормализации условий. У проанализированных нами лиственниц на Ямале среди просмотренных годичных колец 0.35% были ложными, у елей 0.12%. Низкая частота такой аномалии объясняется тем, что в условиях очень короткого (несколько недель) вегетационного периода в районе полярной границы леса маловероятно восстановление нормального прироста после длительного похолодания.

Светлые кольца (light rings) у хвойных пород деревьев характеризуются светлоокрашенной поздней древесиной, состоящей из одного или небольшого

количества слоев клеток с тонкой вторичной стенкой, что делает границу между годовыми кольцами трудно различимой. Такие кольца формируются в годы с неблагоприятными условиями. В субарктической зоне светлые кольца образуются в холодное (особенно во второй его половине) и/или короткое лето. На Ямале формирование светлых колец у лиственницы связано с низкой средней температурой июля-августа, т.е. второй половины вегетационного сезона.

Всего выявлено 270 экстремальных лет. Самыми исключительными оказались 2053, 1647, 1626, 1553 гг. до н.э. и 1466, 1601 гг. н.э. Достойны упоминания также 1935, 1538, 1410, 1401, 982, 919, 883, 338 гг. до н.э., 143, 404, 543, 1209, 1440, 1453, 1481, 1818 гг. н.э.

Мы попытались оценить пространственный масштаб экстремумов, выявленных для Ямала на основе сравнения нашей реконструкции с аналогичными реконструкциями для других районов Земли. Кроме того, были привлечены данные о датах крупных вулканических извержений, полученных по ледовым колонкам Гренландии и Антарктиды, на основании которых можно сделать предположения о вулканических причинах крупномасштабных экстремумов. Выявлено 88 экстремальных для Ямала летних сезонов, когда подобный экстремум, выявленный на основе анализа годовых колец деревьев, в тот же год был отмечен и в другом регионе Земли. Это чуть более 41% от всех экстремальных лет на Ямале.

Анализ аномальных структур в годовых кольцах деревьев на севере Западной Сибири позволил выявить годы, когда в течение летнего сезона имело место экстремальное снижение температуры воздуха различной длительности. Всего выявлено 270 экстремальных лет. В некоторые периоды (с 1650 по 1600 г. до н.э. и 1800–1850 гг. н.э.) наблюдалась высокая повторяемость узких, выпадающих и светлых колец, т.е. холодных в целом летних сезонов; в другие (1700–1650, 1250–1200 гг. до н.э., 200–300, 700–750, 1100–1150, 1950–2000 гг. н.э.) повторяемость всех аномалий была низкой. Самые значительные температурные экстремумы были отмечены в 2053, 1935, 1647, 1626, 1553, 1538, 1410, 1401, 982, 919, 883, 338 гг. до н.э., 143, 404, 543, 1209, 1440, 1453, 1466, 1481, 1601, 1818 гг. н.э.

Сравнение полученных нами результатов с данными по датам формирования аномальных годовых колец в других регионах показало, что почти в половине случаев экстремумы на Ямале совпадали с подобными экстремумами в отдаленных районах Земли, т.е., по всей вероятности, имели глобальный масштаб. Наиболее значимые из них произошли в 420 г. до н.э., 536, 543, 627, 903, 940, 1151, 1259, 1300, 1453, 1466, 1585, 1601, 1609, 1642, 1699, 1783, 1818, 1867, 1872 гг. н.э., когда экстремумы наблюдались, помимо Ямала, как в западном, так и в восточном полушариях. В большинстве случаев при совпадении дат экстремумов для различных регионов имеются также следы крупных вулканических извержений в ледовых колонках Гренландии и Антарктиды, датированные примерно тем же годом.

Таким образом, причиной выявленных экстремальных летних похолоданий глобального масштаба в большинстве случаев можно считать крупные вулканические извержения.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 21-14-00330

ЛИТЕРАТУРА

1. Хантемиров Р.М., Горланова Л.А. и др. Экстремальные климатические события на Ямале за последние 4100 лет по дендрохронологическим данным // Известия РАН. Сер. географическая.- 2011.- № 2.- С. 89-102.
2. Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Горланова Л.А. и др. 8768-летняя Ямальская древесно-кольцевая хронология как инструмент для палеоэкологических реконструкций // Экология. 2021. Т. 5, № 5. С. 388–397.

Summary.

Based on the analysis of the occurrence of anomalous formations (frost, false and light rings) in the wood of *Larix sibirica* and *Picea obovata*, the reconstruction of climatic extremes in Yamal over the past 5500 years has been carried out. A comparison of the Yamal data with the literature data for other regions showed that in almost half of the cases they coincided with similar extremes in other remote areas of the Earth, i.e. they had a global scale. The most significant of them took place in 420. B.C., 536, 543, 627, 903, 940, 1151, 1259, 1300, 1453, 1466, 1585, 1601, 1609, 1642, 1699, 1783, 1818, 1867, 1872 in both the western and eastern hemispheres. In most cases, large volcanic eruptions can be considered the cause of the revealed extreme summer cold spells on a global scale.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ГОЛОЦЕНА В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

А.В. Гренадерова, А.Б. Михайлова

ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, agrenadyorova@sfukras.ru

THE HOLOCENE NATURAL CONDITIONS RECONSTRUCTION IN THE TAIGA ZONE OF YENISEI SIBERIA

A.V. Grenaderova¹, A.B. Mikhailova¹

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, agrenadyorova@sfu-kras.ru

Аннотация.

По результатам комплексного палеоэкологического анализа торфяных отложений болота Большое Сполошинское, расположенного в пределах южной тайги енисейского правобережья реконструирована динамика природных условий начиная с атлантического периода. Выявлены интервалы снижения общей увлажненности и усиления притока древесного угля: 6400, 5540, 4550, 4300, 3250, 2750, 2450, 2200, 1850, 1400, 400, 100 лет назад. В составе растительного покрова преобладают таежные сообщества, периодов со значительным расширением площадей открытых степных гупшировок не выявлено, наиболее приближенным к лесостепным условиям можно считать период с 1050 до 700 кал. л. н., когда развитие получили смешанные с высоким участием березы леса.

Ключевые слова: тайга, болото, пожарный режим, гидроклиматические реконструкции, голоцен, температурный оптимум, ксеротермический максимум

Анализ региональных изменений климата в прошлом, и отклик лесных экосистем на эти изменения представляется чрезвычайно важным для понимания основных тенденций развития природы в условиях изменяющегося климата, что особенно актуально для районов с максимальными темпами потепления (Средняя и Восточная Сибирь), где согласно глобальным климатическим моделям [1], частота пожаров может увеличиться более чем на 37,8% в период с 2010 по 2039 год.

Объектом нашего исследования являются торфяные отложения болотного массива Большое Сполошинское, расположенного в подзоне южной тайги на правобережье р.Енисей (Казачинский район, Красноярский край). Отложения двух колонок мощностью 3,25 м и 2,90 м изучены комплексом палеоэкологических методов, выполненных по стандартной методике: спорово-пыльцевой анализ, ботанический анализ торфа, анализ макроугольков «charcoal» [2], определение зольности торфа [3]. Калибрование радиоуглеродных дат и построение глубинно-возрастной модели выполнено в программе R [4] с использованием пакета «clam» [5].

Максимальный возраст отложений составил 7995 кал.л.н (BA182435), что позволило проследить динамику природных условий начиная с атлантического периода. Всего отмечено 12 пожарных эпизодов, наибольшая частота

возгораний, приходится на периоды от 7000 до 6000, от 3250 до 1400 и от 700 л.н. по настоящее время. Начало торфонакопления датировано 6800 кал. л. н., данный временной интервал известен как термический оптимум голоцена [6], и характеризуется снижением общей увлажненности.

На протяжении всего периода торфонакопления в исследуемом районе енисейского правобережья господствовали темнохвойные елово-пихтово-кедровые леса. Доля травянистых в составе спектра низкая и соответствует таежным ландшафтам. Периодов со значительным расширением площадей открытых степных гуппировок не выявлено, наиболее приближенным к лесостепным условиям можно считать период с 1050 до 700 кал. л. н., когда развитие получили смешанные с высоким участием березы леса.

Период 4850 – 4400 кал. л. н. характеризовался высоким значением влажности климата, на что указывает максимум папоротника и увеличение доли пихты в составе лесных сообществ, пик минерализации торфа (17,2 %) может быть обусловлен усилением аллювиального процесса.

В интервале 3850 – 3150 кал. л. н. болото окружали сосняки с малым участием в составе древостоя пихты и ели, наземный покров занимали зеленые мхи. Период характеризуется повышенной пожарной активностью. Сопоставляя полученный материал с известными данными [7], полагаем, что суббореальный ксеротермический максимум так нашел отражение в строении торфяной залежи болота Большое Сполошинское.

С 3150 по 2400 кал. л. н. на болоте произрастали топяные разнотравно-осоковые сообщества, в лесу восстановилась доля пихты и ели до прежнего уровня, вероятно, на более увлажненных участках были развиты сообщества с папоротником. Сфагновый мох мог встречаться в лесу по кромке болота (в строении торфяной залежи слоя сфагнового торфа нет, фиксировались лишь единичные обрывки тканей мха). Период 2600 – 2400 кал. л. н. выделился по увеличению пыльцы папоротников (40%) и появлению вересковых (до 7%).

В период с 2400 по 1250 кал. л. н. отмечена тенденция перехода болота на мезотрофную стадию, сокращается доля гипновых мхов и хвоща, нарастает господство *Carex lasiocarpa*, снижается значение зольности торфа с 12 – 14 % до 8 – 10 %. С 1250 – 1050 кал. л. н. отмечен эстремум зольности – 5,6 % – минимальное значение для всей торфяной толщи, может указывать на сухой период, реки маловодные, уровень грунтовых вод резко упал, питание болота

исключительно за счет атмосферных осадков. По данным изучения археологических памятников [8] в период, относящийся к концу I тыс. н. э., исследуемый район выступает контактной зоной между лесостепной ладейской культурой и таежной усть-ковинской культурой Нижнего Приангарья. Сухость климата способствовала распространению коневодства вглубь таежных районов ангарской долины.

В период с 1050 до 700 кал. л. н. на болоте на фоне доминирующей *Carex lasiocarpa* (80%), в составе растительного сообщества отмечено повышенное видовое разнообразие травянистых и споровых, обильно представлен кустарниковый ярус. Высокое разнообразие видов, относящихся к разным группам по водно-минеральному довольствию характерно для болот, находящихся на переходной стадии развития. В этот же период в составе суходольных лесов произошли существенные перестройки, большее развитие получили смешанные с высокой долей березы леса. Осветление лесов нашло отражение в увеличении доли травянистых в составе сообществ. Предполагаем, что данные изменения в составе растительного покрова болот и суходолов можно расценивать как отклик на Малый климатический оптимум голоцена. По данным [9] в это время (X – XIV вв.) район попадает в орбиту влияния Монгольской империи, но при этом основными занятиями населения лесосибирской культуры оставались охота, рыболовство, собирательство и коневодство.

При сравнении полученных данных [10] с результатами реконструкции пожарной активности на болоте в средней тайге енисейского левобережья [11], установлено, что пожары в южной тайге отличаются большей частотой (до 4 эпизодов на 1000 лет в южной тайге и до 2 эпизодов на 1000 лет в средней тайге), но значительно меньшей интенсивностью, величиной притока макрочастиц угля на 1 см²/год: в средней тайге величина достигает 6000 частиц на см²/год, а в южной – 1500 частиц на см²/год, что связано с количеством лесных горючих материалов, накопление которых зависит гидроклиматических условий местности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hoegh-Guldberg, O.; Jacob, D.; Bindi, M.; Brown, S.; Camilloni, I.; Diedhiou, A.; Djalante, R.; Ebi, K.; Engelbrecht, F.; Guiot, J.; et al. Chapter 3: Impacts of 1.5 °C global warming on natural and human systems. In *Global Warming of 1.5 °C an IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change*; Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva, Switzerland, 2018. Available online: <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15518/> (accessed on 18 March 2019).
2. Clark J. S. Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling. *Quaternary research*. 1988.30, 67–80.
3. ГОСТ 27784-88 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.: М. – 1988 – 7 с.
4. R Core Team 2013: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
5. Blaauw M. Methods and code for ‘classical’ age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary geochronology*. 2010. 5, 512-518. DOI: 10.1016/j.quageo.2010.01.002
6. Хотинский Н.А. *Голоцен Северной Евразии*. М.: Наука, 1977.
7. Кошкаров А. Д., Кошкарова В. Л. Развитие природной среды бассейна р. Кас в послеледниковый период. *Палеогеография Средней Сибири*: сб. ст. Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 2003. – Вып. 3. 38-43.
8. Мандрыка П.В. К вопросу о появлении и распространении скотоводства в южнотаежной зоне Средней Сибири. *Культура как система в историческом контексте: Опыт Западно-Сибирских археолого-этнографических совещаний*. Материалы XV Международной Западно-Сибирской археолого-этнографической конференции. Томск: Аграф-Пресс, 2010. – 203-205.
9. Сенотрусова П. О., Мандрыка П. В. Культурные связи населения Нижней Ангары в развитии Средневековья (по материалам комплекса Проспихинская Шивера IV). *Археология, этнография и антропология Евразии*. 2018. – Т. 46.3, 92–99.
10. Гренадерова А.В., Мандрыка П.В., Сякунь В., Сенотрусова П. О. Михайлова А.Б., Цюань Ц. Комплексные археолого-палеоэкологические исследования голоценового хроноряда в южной тайге Среднего Енисея // *STRATUM PLUS*. Археология и культурная антропология. – 2021. – №6. – С. 299-313.
11. Карпенко Л. В., Гренадерова А. В., Михайлова А. Б., Подобуева О. В. Реконструкция локальных пожаров в голоцене по данным содержания макрочастиц угля в торфяной залежи в долине р.Дубчес // *Сибирский лесной журнал*. – 2022. - №4. С.3-13.

S u m m a r y.

It is relevant to study mires using multi-proxy approach, including botanical, spore-pollen analysis of peat, determining the grain size composition of mineral deposits underlying peat to understand the development of natural landscapes in the taiga zone of Yenisey Sibeeria in the Holocene. Based on the analysis of palaeosignals obtained by a complex of methods (pollen, botanical analysis of peat, charcoal analysis, determination of the ash content of sediments), the intervals of changing conditions were identified: 7400–6800 calibrated years before present (cal. BP) – humidity reduction, 4850–4400 cal. BP – an increase in humidity, 3850–3150 cal. BP – decrease in humidity, 3150–2000 cal. BP – stable humid, with 1600 cal. BP – moisture reduction, 1250–700 cal. BP – minimal moisture.

**МЕТАЛЛЫ В ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАК ИНДИКАТОРЫ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ПЕРИОДЫ КАМНЯ И
ПАЛЕОМЕТАЛЛА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
ОЗ. КАМЫШОВОЕ (ЮВ ПРИБАЛТИКА)**

О.А. Дружинина

РГПУ им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, olga.alex.druzhinina@gmail.com

**METALS IN LAKE SEDIMENTS AS INDICATORS OF ANTHROPOGENIC
ACTIVITY IN PREHISTORY: RESULTS OF THE KAMYSHOVOE LAKE (SE
BALTICS) STUDY**

O.A. Druzhinina

Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg

Аннотация.

Представлены результаты геохимических исследований отложений оз. Камышовое (Калининградская область, Российская Федерация). Изучение концентрации в осадках таких химических элементов как Pb, Ni, Zn, As, Co, Cu и их коэффициентов обогащения (КО или «Enrichment Factor») в совокупности с результатами литологических, геохронологических исследований и данными по магнитной восприимчивости осадков и содержанию микроуглей позволило выявить возможные антропогенные источники металлов в отложениях озера, начиная с неолита.

Ключевые слова: металлы, озерные отложения, древняя металлургия, геохимия, археология, Прибалтика.

Озерные отложения являются чувствительными индикаторами геохимических процессов, происходящих в озере и на водосборе [1-3]. Предыдущие исследования оз. Камышовое выявили как природные, так и антропогенные процессы, повлиявшие на геохимический состав осадочной толщи [1-3]. Проведенное исследование, в частности, показало увеличение концентрации тяжелых металлов (Zn, V, Cr, Pb) с глубин, соответствующих концу неолита [2]. Одновременное увеличение содержания микроугля и скорости эрозии на водосборе, вероятно, отражает интенсификацию деятельности человека в окрестностях озера в этот исторический период. Целью настоящей работы является рассмотрение повышенных значений тяжелых металлов в отложениях оз. Камышовое в контексте возможных видов антропогенной деятельности локального или регионального масштаба, которые могли быть источниками поступления металлов в озеро в эпоху неолита – средневековья.

Результаты проведенного исследования показывают, что такие геохимические индикаторы антропогенной деятельности как Cu, Pb, Zn, Co, As, Ni не следуют единому тренду от неолита к раннему средневековью, хотя концентрации почти всех этих элементов имеют тенденцию к увеличению. Так,

например, величины таких элементов, как Pb, Co, As в железном веке и средневековье становятся в 2-3 раза выше, чем в неолите, в то же время, концентрация Cu и Ni возрастает незначительно. Вероятно, увеличение значения КО для Co и пики КО для Pb в озерных отложениях, начиная с ~6000 кал. л.н. и на протяжении всего неолита, свидетельствуют о возрастающей роли и использовании металлов в качестве красителей и фиксаторов окраски. Одновременное увеличение содержания таких показателей металлургического производства как Pb, Ni, Zn, As, начиная с ~3100 кал. л.н., может свидетельствовать о росте потребности в металлических изделиях в юго-восточной Прибалтике

и возрастающем вкладе местных металлообрабатывающих мастерских в загрязнение озера тяжелыми металлами. Наблюдаемая тенденция сохраняется в течение всего железного века до спада в период Великого переселения народов.

Для обоснования полученных выводов необходимы дальнейшие комплексные палеолимнологические и археологические исследования с упором на изучение микрошлаков в озерных отложениях и детальное геохимическое изучение культурных слоев археологических памятников в окрестностях озера.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00113, <https://rscf.ru/project/22-17-00113>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Druzhinina O., Kublitskiy Y., Stancikaite M., Nazarova L., Syrykh L., Gedminiene L., Uogintas D., Skipityte R., Arslanov K., Vaikutiene G., Kulkova M., Subetto D. The Late Pleistocene–Early Holocene palaeoenvironmental evolution in the SE Baltic region: a new approach based on chironomid, geochemical and isotopic data from Kamyshovoye Lake, Russia. *Boreas* 2020, 49 (3), 544–561.
2. Druzhinina O., Stančikaitė M., Gedminienė L., Vaikutiene G., Lavrova N., Kublitskiy J., Subetto D. Anthropogenic impact on the landscape of the Vishtynets Upland (Kaliningrad region, SE Baltic) in prehistory and Middle Ages: A multi-proxy palaeoenvironmental study. *QI* 2022, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.05.016>
3. Kublitskiy Y., Kulkova M., Druzhinina O., Subetto D., Stančikaitė M., Gedminienė L., Arslanov Kh. Geochemical Approach to the Reconstruction of Sedimentation Processes in Kamyshovoye Lake (SE Baltic, Russia) during the Late Glacial and Holocene. *Minerals* 2020, 10, 764.

S u m m a r y.

The results of geochemical studies of the Kamyshovoe lake sediments (Kaliningrad region, Russian Federation) are presented. The concentration of such geochemical elements as Pb, Ni, Zn, As, Co, Cu and their enrichment factors in combination with the results of lithological, geochronological studies and data on the magnetic susceptibility of sediments and the content of microcharcoals made it possible to identify possible anthropogenic sources of metals in lake sediments since the Neolithic.

ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ПРОБЛЕМЫ ДИВЕРГЕНЦИИ В ДЕНДРОКЛИМАТОЛОГИИ

А.В. Кирдянов¹, В.В. Шишов^{1,2}, П.Дж. Крустик³, А.Арсак², А.А. Кирдянова⁴,
В.В. Кукарских⁵, А.И. Фертиков², У. Бюнтген³

¹*ИЛ СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск*

²*СФУ, г. Красноярск*

³*Кембриджский университет, Англия*

⁴*СПбГУ, г. Санкт-Петербург*

⁵*Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург*

POSSIBLE REASON OF THE DIVERGENCE PROBLEM IN DENDROCLIMATOLOGY

A.V. Kirdyanov¹, V.V. Shishov^{1,2}, P.J. Krusic³, A. Arzac², A.A. Kirdyanova⁴,
V.V. Kukarskih, A.I. Fertikov², U. Büntgen³

¹*V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center
SB RAS, Krasnoyarsk*

²*Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

³*University of Cambridge, England*

⁴*St Petersburg University, St Petersburg*

⁵*Institute of Plant and Animal Ecology UD RAN, Ekaterinburg*

Аннотация.

Потеря чувствительности радиального прироста деревьев к изменениям температуры и, соответственно, неспособность дендрохронологических рядов отследить увеличение температуры (Проблема дивергенции) является до сих пор нерешенной проблемой, ставящей вопросы о качестве дендроклиматических реконструкций. На основе анализа и моделирования дендрохронологических данных для северных регионов Сибири показано, что проявление Проблемы дивергенции может быть связано с уменьшением количества фотосинтетически активной радиации вследствие увеличения концентрации аэрозолей в атмосфере.

Ключевые слова: бореальные леса, древесные кольца, «затенение» атмосферы, моделирование радиального прироста, Сибирь

Годичные кольца деревьев являются одним из наиболее надежных регистраторов изменений окружающей среды, позволяющие проследить за динамикой различных климатических параметров на протяжении достаточно продолжительных промежутков времени [1]. На территории России наибольший интерес для дендроклиматических исследований (раздел науки об изменчивости климата с использованием данных по древесным кольцам) представляют северные и высокогорные регионы, для которых, с одной стороны, получены тесные зависимости радиального прироста деревьев от летней температуры, а с другой, созданы длительные древесно-кольцевые хронологии [2,3]. Это позволило провести реконструкцию термического режима обширных территорий севера России за несколько тысяч лет [3,4]. Однако в последние десятилетия, примерно с 1970-ых годов, для многих

лесных массивов преимущественно в высоких широтах накапливаются свидетельства о снижении чувствительности роста деревьев к температуре. Это циркумполярное явление, получившее название Проблема дивергенции в дендроклиматологии (DP, Divergence Problem в англоязычной литературе) [5], выявляет неспособность ранее чувствительных к температуре хронологий параметров годовых колец (прежде всего, их ширины и максимальной плотности поздней древесины) соответствовать недавнему увеличению инструментальных измерений температуры (низкочастотное расхождение трендов), а также отражать высокочастотные сигналы летней температуры. Было высказано несколько предположений относительно причины появления данной проблемы, но несмотря на отдельные новаторские работы [6], вопросу о роли антропогенных загрязнителей воздуха и/или атмосферного затемнения в объяснении Проблемы дивергенции уделялось мало внимания. Целью данного исследования является показать, что уменьшение проникающей способности атмосферы для солнечной радиации может вносить существенный вклад в степень проявления Проблемы дивергенции в отдельных регионах Арктики.

В работе проведен анализ ширины древесных колец для 549 образцов лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), произрастающих на восьми участках вдоль трансекта протяженностью 150 км в зоне воздействия техногенных выбросов предприятий Норильского промышленного района [7]. В связи с разной удаленностью от источника выбросов участки характеризуются различной степенью загрязнения. Наличие данных о годе гибели каждого дерева, определенного методом перекрестной датировки, позволило провести реконструкцию динамики гибели древостоев и восстановить последовательность событий, приведших к исторически беспрецедентному вымиранию и упадку лесов в регионе с конца 1930-х годов (рис.1а). Поскольку было отмечено, что для лесотундровых экосистем, находящихся на достаточном удалении от промышленных предприятий и не подверженных прямому воздействию поллютантов, также наблюдается уменьшение ширины древесных колец, то было высказана гипотеза о влиянии на рост деревьев снижения количества приходящей фотосинтетически активной радиации вследствие изменения прозрачности атмосферы. Для обнаружения этого эффекта и оценки его последствий была разработана и использована новая перспективная версия имитационной модели роста древесных растений

Ваганова-Шашкина [8], апробированная для дендрохронологических данных обширного региона, охватывающего северные территории Западной и Средней Сибири в пределах от 72.00° до 101.54° в.д. и от 66.06° до 72.27° с.ш.

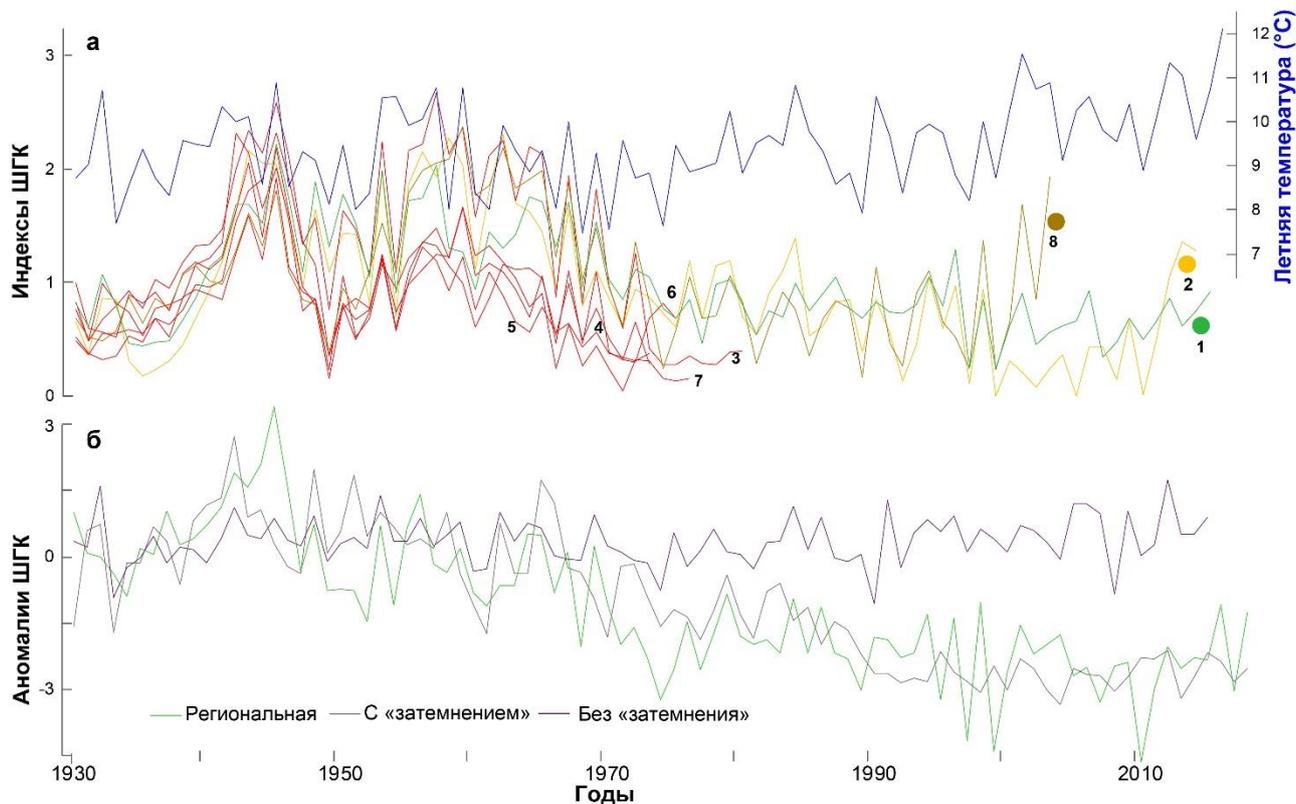


Рис. 1. Объяснение проблемы дивергенции в дендроклиматологии. (а) Стандартизированные хронологии ширины годичных колец (ШГК) лиственницы из Норильска с кодами участков. Синяя линия показывает значения приповерхностной летней (с июня по август) температуры из CRU TS4.01 для района исследований. (б) Измеренная (зеленый) и смоделированная хронология ширины годичных колец лиственницы с (серый) и без (синий) учетом эффектов «затемнения» атмосферы.

Сравнительный анализ смоделированных и измеренных значений ширины древесных колец (рис. 1б) свидетельствует, что в доиндустриальный период с 1901 по 1942 гг. хронологии в высшей степени синхронны, но впоследствии корреляция между ними становится статистически незначимой ($P > 0.05$). Это очевидное расхождение между увеличением смоделированного и уменьшением измеренного прироста предполагает существование отрицательного пространственно-распределенного воздействия, способного противодействовать положительной тенденции, связанной с потеплением. В результате расчетов с учетом уменьшения количества фотосинтетически активной радиации (т.е. «затемнения») смоделированные темпы роста соответствуют наблюдаемым на протяжении всего 20-го века и до 2018 года

(рис. 1б), и коэффициент корреляции между смоделированным и измеренным рядами становится статистически значимым с 1901 по 2018 год ($P < 0.0001$). После 10-летней низкочастотной фильтрации измеренная хронология TRW коррелирует с смоделированными данными TRW (без затемнения) с коэффициентами 0,48 и 0,38 за периоды 1901–1969 и 1970–2018 годов, соответственно. Оба значения, существенно увеличиваются до 0,62 и 0,79, когда в модели учтено «затемнение» атмосферы.

Основываясь на результатах работы, можно предположить, что неспособность деревьев отслеживать повышение летней температуры может быть связана с уменьшением количества фотосинтетически активной радиации [9] вследствие увеличения концентрации аэрозолей в атмосфере [10] из-за повышенных промышленных выбросов с 1930-х годов как производимых в Арктике, так и привнесенных [11]. Этот вывод также согласуется с проявлением такого явления, как «Арктическая дымка» [11]. Наше исследование впервые представляет объединенные данные дендроэкологии и имитационного моделирования для демонстрации того, что антропогенно-индуцированное уменьшение пропускной способности атмосферы может объяснить все еще нерешенную Проблему дивергенции в исследованиях годовичных колец, подтверждая тем самым правомерность выводов, получаемых в результате дендроклиматических реконструкций [12].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №18-14-00072-П).

ЛИТЕРАТУРА

1. Hughes M.K., Swetnam T.W., Diaz H.F. (Eds.) Dendroclimatology: Progress and Prospects. In: *Developments in Paleoenvironmental Research*. Springer, 2011. V. 11. P. 340.
2. 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. Т. 5, Вып. 5. С. 388-397.
3. Büntgen U., Allen K., Anchukaitis K. et al. (40 co-authors). The influence of decision-making in tree ring-based climate reconstructions // *Nat. Commun.* 2021. V. 12. Article No 3411.
4. Hantemirov R.M., Corona C., Guillet, S. et al. (12 co-authors). Current Siberian heating is unprecedented during the past seven millennia // *Nat. Commun.* 2022. 13. Article No 4968.
5. Briffa K.R., Schweingruber F., Jones P., Osborn T.J., Shiyatov S.G., Vaganov E.A. Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at high northern latitudes // *Nature*. 1998. V. 391. P. 678–682.
6. Stine, A.R., Huybers, P. (). Arctic tree rings as recorders of variations in light availability // *Nat. Commun.* 2014. V. 5. Article No 3836.

7. Kirilyanov A.V., Krusic P.J., Shishov V.V. et al. (25 co-authors). Ecological and conceptual consequences of Arctic pollution // *Ecology Letters*. 2020. V. 23. No.12. P. 1827-1837.
8. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годовых колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2000. 232 с.
9. Wild M. Decadal changes in radiative fluxes at land and ocean surfaces and their relevance for global warming WIREs // *Clim. Change*. 2016. V. 7. P. 91–107.
10. Quinn P.K., Shaw G., Andrews E., Dutton E.G., Ruoho-Airola T., Long S.L. Arctic haze: current trends and knowledge gaps // *Tellus B*. 2007. V. 59. P. 99–114.
11. Law K.S., Stohl A. Arctic air pollution: origins and impacts // *Science*. 2007. V. 315. P. 1537–1540.
12. Büntgen U., Kirilyanov A.V., Krusic P.J., Shishov V.V., Esper J. Arctic aerosols and the 'Divergence Problem' in dendroclimatology // *Dendrochronologia*. 2021. V. 67 Article No 125837.

Summary.

The decoupling of tree growth from rising air temperature and, accordingly, the inability of dendrochronological data to track the temperature increase (“Divergence Problem”) is still an unresolved problem that raises questions about the quality of dendroclimatic reconstructions. Based on the analysis and modeling of dendrochronological data for the northern regions of Siberia, we demonstrate that the Divergence Problem seems to be a consequence of reduced photosynthetically active radiation due to elevated aerosol concentrations in the atmosphere.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ БОЛОТ ЮЖНЫХ ТУНДР В ГОЛОЦЕНЕ (ТАЗОВСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Н.В. Кобелева¹, Ю.И. Прейс²

¹РГПУ им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, nella@mail.ru

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Томск, preisyui@rambler.ru

CURRENT STATE AND FORMATION HISTORY OF POLYGONAL BOGS OF SOUTHERN TUNDRA IN THE HOLOCENE (TAZOVSKY PENINSULA, WESTERN SIBERIA)

N.V. Kobeleva¹, Yu.I. Preis²

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg

²Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Tomsk

Аннотация.

В южной тундре Тазовского полуострова описано современное состояние 37 ключевых участков полигональных болот, выявлены 6 типичных типов их комплексов. Впервые на Тазовском полуострова исследован отклик полигональных болот на изменение климата голоцена. Представлены данные по ботаническому составу, общетехническим свойствам торфа и радиоуглеродному возрасту 2-х разрезов полигонального болота. Установлено, что возраст болота превышает 9850 кал. лет назад. Выявлены периоды его формирования.

Ключевые слова: Тазовский полуостров, южная тундра, полигональное болото, стратиграфия, радиоуглеродный возраст, торфонакопление, палеоклимат, палеокриогенные процессы, голоцен.

Актуальность исследования обусловлена наиболее слабой изученностью полигональных болот Тазовского полуострова по сравнению с полуостровами Ямалом и Гыданским. Цель исследования - восполнить информацию по распространению и современному состоянию полигональных болот южной тундры Тазовского полуострова, их стратиграфии и свойствам торфяных залежей, возрасту и отклику на климатические изменения голоцена. Ранее по материалам аэро- и космической съемки было выполнено основанное на экосистемном подходе фитоэкологическое районирование Тазовского полуострова, позволившее уточнить северную границу южной тундры [1].

Для достижения цели в течение летних полевых сезонов 2007-2019 гг. проведено обследование 37 ключевых участков территории южной тундры с описанием морфологии, растительного покрова, степени обводненности и глубины сезонно-талого слоя (СТС) многолетнемерзлых полигональных болот.

В результате анализа полевого материала и дешифрирования материалов дистанционного зондирования М 1:10000 выявлена приуроченность полигональных болот, в основном, к приозерным котловинам центральной, наиболее низкой части территории Тазовского полуострова, многообразие морфологических структур растительных сообществ и их сочетаний. Выявлено, что наиболее распространенными являются 6 типов комплексов полигональных болот, которые могут быть представлены в виде сукцессионного ряда, на который влияет комплекс факторов внешней среды, среди которых ведущим является мерзлота. **Первый** элемент ряда – вогнутополигонально-трещиноватый комплекс с Осоково-пушицевым (*Eriophorum angustifolium*, *E. russeolum*, *Carex aquatilis*) гипновым (*Drepanocladus revolvens*, *D. aduncus*, *D. uncinatus*, *Warnstorfia fluitans*) сообществом на участке полигона с уровнем воды выше его поверхности и глубиной СТС 110-130 см; **2** – вогнутополигонально-трещиноватый комплекс с Осоковым (*Carex rariflora*, *C. chordorrhiza*) сфагновым (*Sphagnum lindbergii*, *Sph. compactum*, *Sph. warnstorffii*) сообществом на переувлажненном участке полигона, с СТС 95-100 см. В первых двух комплексах трещины выявляются только по аэрофотоснимку. **Третий** элемент ряда – валиково-вогнутополигонально-трещиноватый комплекс с узкими слабообводненными трещинами и мочажинами в центре полигонов, с Кустарничково-морошковым (*Betula nana*, *Salix myrtilloides*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium uliginosum*, *Rubus*

chamaemorus, *Carex rotundata*) лишайниково-моховым (*Dicranum scoparium*, *Sphagnum balticum*, *Cetraria islandica*, *Cladonia rangiferina*) сообществом на валиках (высота 20-30 см, ширина 70-80 см), с СТС 60 см, с Осоковым (*Carex rariflora*, *C. chordorrhiza*, *Eriophorum angustifolium*, *E. russeolum*) сфагновым (*Sph. lindbergii*, *Sph. balticum*, *Sph. warnstorffii*, *Drepanocladus revolvens*) сообществом в мочажинах полигонов, с СТС 90-95 см и с Ежеголовниковым (*Sparganium emersum*) сообществом в трещинах (ширина до 30 см), с СТС 70-80 см; **4** – валиково-вогнутополигонально-трещиноватый комплекс с сильнообводненными широкими трещинами, сухими валиками и слабообводненными полигонами с Кустарничковым (*Betula nana*; *Ledum decumbens*, *Vaccinium vitia-idaea*) мохово-лишайниковым (*Cladonia rangiferina*, *C. orboscula*, *C. stellaris*, *Aulacomnium turgidum*, *Dicranum angustum*, *D. elongatum*) сообществом на валиках (высота над полигоном до 30 см, 40-50 см над трещиной, ширина 110-140 см), с СТС 35-40 см, с Осоковым (*Carex rariflora*, *C. chordorrhiza*) сфагновым (*Sphagnum lindbergii*, *Sph. compactum*, *Sph. warnstorffii*) сообществом на полигонах, СТС 80-85 см и с Осоковым (*Carex aquatilis*, *C. rariflora*, *Eriophorum angustifolium*) сфагновым (*Sph. lindbergii*) в трещинах (ширина до 80 см), с СТС 120 см; **5** – валиково-вогнутополигонально-трещиноватый комплекс с мелкобугристопятнистым (мелкие бугры высотой 20 см, диаметром 30-50 см и с оголенным торфом на пятнах пучения) валиком, с овальным по форме полигоном, с Ерниково-багульниково-пушицево-моршковым (*Betula nana*, *Ledum palustre*, *Eriophorum medium*, *Rubus chamaemorus*) лишайниковым (*Cladonia rangiferina*, *C. stellaris*, *Alectoria ochroleuca*, *Cetraria cucullata*) сообществом на валике (высота до 50 см, ширина до 2,5 м), с СТС 50 см, с Пушицевым (*Eriophorum medium*) моховым (*Mnium cuspidatum*, *Sphagnum spp.*) сообществом на полигоне, с СТС 55 см, с Багульниково-моршковым (*Ledum palustre*, *Eriophorum medium*, *Rubus chamaemorus*, *Andromeda polyfolia*) сфагновым (*Sphagnum spp.*) сообществом в трещинах (ширина до 70 см), с СТС 59 см. **Шестой** элемент, заключительная стадия этого ряда, - выпуклополигонально-трещиноватый комплекс с Кустарничковым (*Betula nana*, *Ledum palustre*, *Empetrum nigrum*) мохово-лишайниковым (*Cladonia rangiferina*, *C. orboscula*, *C. stellaris*, *Dicranum angustum*, *D. elongatum*) сообществом на полигонах (высота 65-70 см), с СТС 35-40 см, с Пушицево-багульниково-моршковым (*Ledum palustre*, *Eriophorum*

vaginatum, *Rubus chamaemorus*) лишайниково-моховым (*Cladonia deformis*, *Dicranum angustum*, *Sphagnum spp.*) сообществом в трещине с СТС 60 см.

Наибольшую площадь занимает пятый тип этих комплексов. На одном модельном участке этого типа комплексов, в хасырее, на правобережной части реки Нёляко-Собетьяхатарка (рис. 1а) выполнен отбор образцов торфа после вертикальной расчистки борта валика в 2014 и полигона – в 2015 и 2016 гг. методом вырубания мерзлых брикетов через 3-5 см на всю глубину торфяной залежи до минерального грунта (рис. 1б).

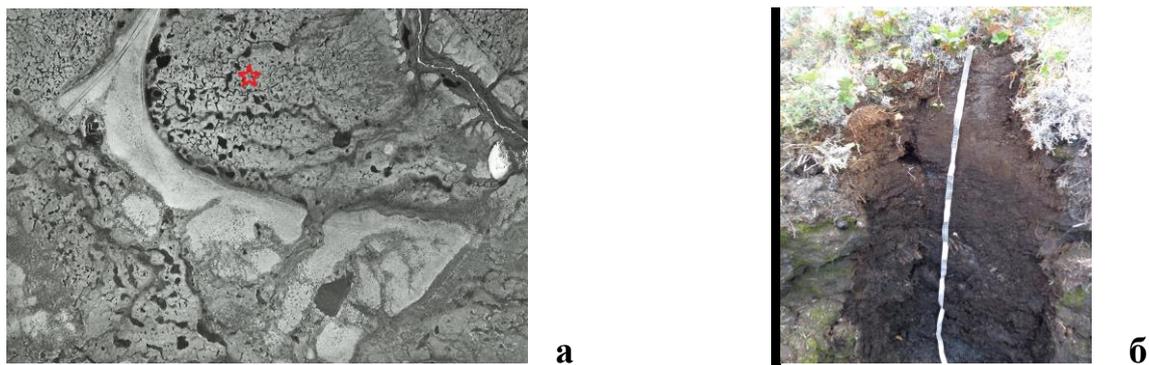


Рис. 1. Модельный участок отбора образцов торфа: аэрофото с местом расположения торфяного разреза с координатами N 67.971163, E 75.529696 (а), торфяной разрез (б).

Образцы проанализированы на ботанический состав, степень разложения (R), зольность (A) и плотность (P). Для 2-х разрезов получено 7 ^{14}C -дат в Центре коллективного пользования Института мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС) СО РАН. По ботаническому составу торфов проведены реконструкции палеофитоценозов и палеогидрологии. Переход в многолетнемерзлое состояние диагностировали по ботаническому составу торфа, соответствующему переходу палеоповерхности болота в субэдральное состояние, а предполагаемые перерывы торфонакопления – по наличию палеостратиграфических рубежей (ПСР) в торфяной залежи и неравномерно низким скоростям прироста торфа.

Установлено, что два торфяных разреза имеют глубины 1,63 и 1,67 м, низинного типа, сложены ниже 37-52 см травяными торфами из остатков осок, хвоща, вахты, с прослойками древесных, древесно-травяных и травяно-сфагновых торфов. Верхний слой под валиком образован травяно-сфагновыми торфами, а затем хорошо разложившимися и более высокозольным переходным: ерниково-травяным, ерниковым и кустарничково-пушицевым, а под полигоном – травяно-гипновыми и гипновыми, перекрытыми с

поверхности переходным кустарничковым. Выявлено преобладание торфов средней степени разложения, с A 3,3-6,0 %, P_{act} 57-83 г/дм³, однако в верхнем слое эти показатели резко возрастают (R – до 60%, A – до 18 %, P – до 250 г/дм³). Придонный слой разрезов образован органо-минеральными отложениями с остатками стволов деревьев.

Наиболее древняя радиоуглеродная дата 8731 ± 142 л. н. (9850 кал. л. н.) получена на глубине 100 см разреза полигона. Ниже на обоих разрезах получены инверсионные даты, что свидетельствует о нарушении стратиграфии залежи при неоднократных переходах в многолетнемерзлое, а затем - талое состояние. Фактически, первоначальная толщина этих торфяных разрезов была не более 1,25 м. Установлено, что заболачивание через эвтрофные слабо облесенные березой ерниково-травяно-гипновые сообщества началось около 10 тыс. кал. л. н. в теплый период ВО в связи с деградацией многолетней мерзлоты. Не смотря на значительные колебания уровня болотных вод, вызывавших облесение болота, длительное время торфонакопление было активным при скоростях прироста торфа - 0,42-0,55 мм/год, что соизмеримо с аналогичными показателями для болот лесной зоны [2] и значительно ниже, чем для полигональных болот соседних регионов [3]. 8768 кал. л. н. (7915 ± 108 л. н.) в период Новосанчуговского похолодания болото замерзло, торфонакопление прекратилось. Вероятнее всего именно в это время сформировалась полигональная структура болота. Влияние криогенных процессов подтверждают наличие ПСР и неправомерно низкие скорости прироста торфа - 0,06 мм/год за последующий 6300-летний период, до 2464 кал. л. н. Затем начали отлагаться топяные торфа. Следующий переход поверхности болота в субэзральное, многолетнемерзлое состояние, произошел вероятнее всего при похолодании на границе SB и SA. При этом полигон зарос вересковыми кустарничками и отложение торфа прекратилось, а на его краю продолжали медленно накапливаться ерниково-кустарничково-пушицевые торфа и произошло формирование валиков. Окончательно торфонакопление прекратилось после 2400 кал. л. н. в одно из последующих похолоданий SA периода.

Впервые для Тазовского полуострова, в южной тундре выявлено полигональное болото бореального возраста. Установлено, что такие болота здесь, как и на Гыданском полуострове и Ямале, имеют сходный отклик на

изменения климата и близкие возраста неоднократных криогенных прекращений торфонакопления. Однако, для бореального периода получены значительно более низкие скорости прироста торфа.

Работа выполнена при финансовой поддержке РАН в рамках госзадания Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, проект № 121031.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобелева Н.В. Структура экосистем пограничной полосы южных и типичных субарктических тундр Западной Сибири. Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Наука и образование: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 6-8 ноября 2019 г.). РГПУ им. А.И. Герцена, Ун. ИТМО, Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии. Санкт-Петербург, 2019. С. 332-338.
2. Прейс Ю.И. Детальная реконструкция функционального состояния болота как отклик на изменение континентального климата голоцена (средняя тайга Западной Сибири) // Известия Томского политехнического ун-та. 2015. Т. 326. № 2. С. 90-102.
3. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C. Thick polygonal peatlands in continuous permafrost zone of West Siberia // Kriosfera Zemli. 2016. Vol. XX. № 4. P. 3-13.

S u m m a r y.

In the southern tundra of the Taz Peninsula, the current state of 37 key areas of polygonal peatlands has been described, and 6 typical types of their complexes have been identified. For the first time on the Taz Peninsula, the response of polygonal swamps to Holocene climate change was studied. Data on the botanical composition, general technical properties of peat and radiocarbon age of 2 sections of the polygonal peatland are presented. It has been established that the age of the peatland exceeds 9850 cal. year BP. The periods of its formation have been found.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПОЛУОСТРОВЕ ФАЙЛДС ОСТРОВА КИНГ ДЖОРДЖ (ЗАПАДНЫЙ СЕКТОР АНТАРКТИКИ)

Ю.А. Кублицкий¹, П.А. Леонтьев¹, С.Р. Веркулич^{2,1}, Д.А. Субетто¹

¹РГПУ им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, uriu_87@mail.ru

²Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург

PALEOLIMNOLOGICAL STUDIES ON THE FILDES PENINSULA OF KING GEORGE ISLAND (WESTERN SECTOR OF ANTARCTICA)

Yu.A. Kublitskiy¹, P.A. Leontev¹, S.R. Verkulich^{2,1}, D.A. Subetto¹

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russian Federation

²Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Аннотация.

В статье представлены результаты полевых работ 56 Российской Антарктической Экспедиции в 2019 году по отбору кернов донных отложений озер Географов, Юра, Слаломное, «Тригорское», Месяц, расположенных на о. Кинг Джордж, Антарктика. Для построения детальной реконструкции изменений климатических и природных условий в

районе о. Кинг Джордж планируется выполнить геохимический, гранулометрический, диатомовый, спорово-пыльцевой анализ, а также определить доли органического/карбонатного/минерального материала в образцах донных отложений, привязав основные этапы осадконакопления к геохронологической шкале. Интерпретация изменений рассматриваемых параметров позволит реконструировать особенности процессов седиментации и природных условий, их обуславливающих.

Ключевые слова: Кинг Джордж, озера, донные отложения, палеолимнология, палеогеографические реконструкции

В настоящее время в результате потепления климата в полярных регионах наблюдается сокращение площади ледников [1]. В условиях научного интереса к современным климатическим изменениям на Земле очевидную ценность представляет изучение изменения природно-климатических обстановок в голоцене. Донные отложения озер – надежный архив для реконструкции окружающей среды прошлого.

Одной из наиболее перспективных локаций для построения палеогеографических реконструкций является полуостров Файлдс острова Кинг Джордж в Западном секторе Антарктики, свободный от ледникового покрова. Палеогеографические исследования на этой территории проводились в рамках целевой научно-технической программы Росгидромета в сезонах 2008-2009 гг., 2010-2011, 2011-2012, 2013-2015 гг. Анализ собранных материалов показал, что в представлениях о послеледниковом развитии природной среды острова Кинг Джордж и западных окрестностей Антарктического полуострова в целом существует значительный пробел – отсутствие детальных, репрезентативных, непрерывных данных об изменениях климата региона в течение последних 10000 лет. Природными архивами для извлечения таких данных являются донные отложения озер. На острове Кинг Джордж изучались несколько озер, но большинство этих водоемов в первой половине голоцена были частью моря, и их донные осадки содержат отчетливые палеоклиматические сигналы только за последние 5000 лет [2].

В ноябре-декабре 2019 года в ходе 56-ой Российской Антарктической Экспедиции при сотрудничестве Отдела географии полярных стран ФГБУ «ААНИИ» и факультета географии РГПУ им. А. И. Герцена были проведены полевые работы по палеолимнологическому изучению озер острова Кинг Джордж, находящихся выше уровня морской трансгрессии раннего голоцена. Отобраны донные отложения озер Географов, Юра, Слаломное, Гостиничное, «Тригорское» (рабочее название) и Месяц (табл. 1, рис. 1), находящихся в разных частях полуострова Файлдс.

Отбор кернов донных отложений производился со льда при помощи торфяного бура. В полевых условиях выполнено первичное литологическое описание колонок донных отложений. За все время работы отобрано 45 погонных метров донных отложений.

Таблица 1. Основные параметры изученных озер и мощность их отложений

Название объектов	Координаты		Высота над уровнем моря, м	Площадь, м ²	Глубина, м	Мощность отложений, м
	ю.ш	з.д.				
Географов	62.22384	59.00486	47	9915	4.00	4.30
Юра	62.22476	58.99989	49	4.75	2.38	
Слаломное	62.19205	58.95784	29	5600	3.00	2.00
Гостиничное	62.18856	58.96875	43	9800	1.45	1.45
«Тригорское»	62.18381	58.92889	115	5050	1.70	0.95
Месяц	62.17700	68.92131	35	7800	2.00 ?	1.00

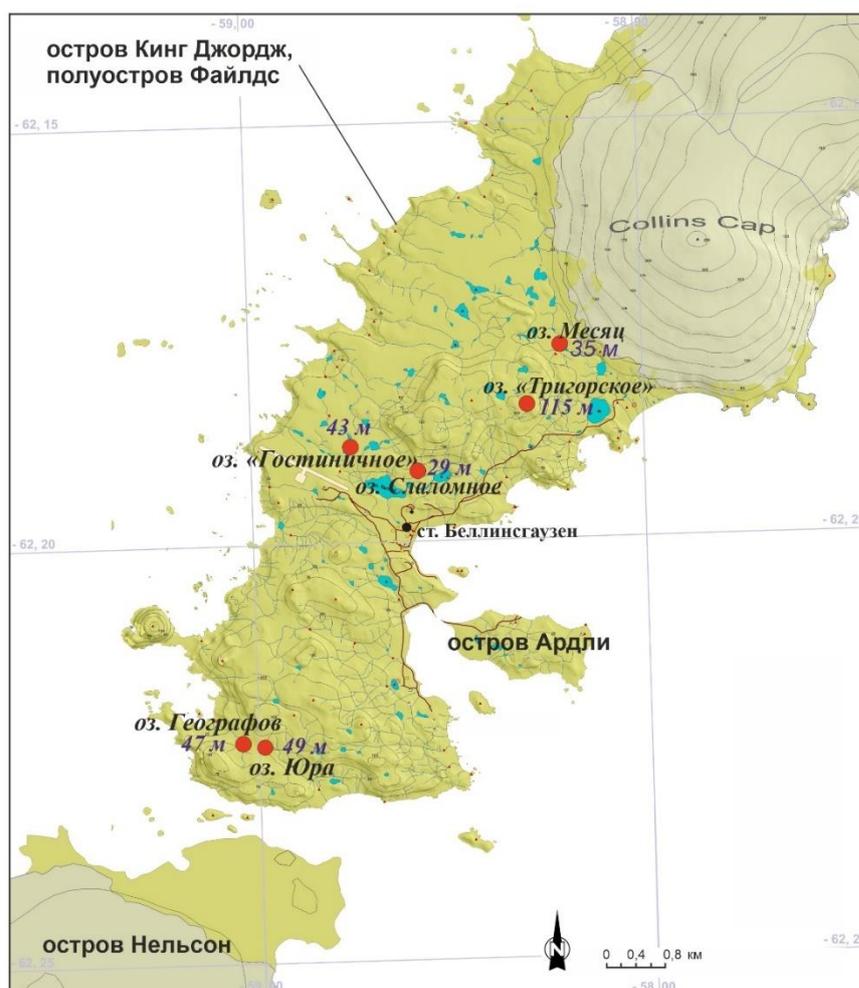


Рис.1. Исследованные озера полуострова Файлдс с отметками высот над уровнем моря.

Для детальной реконструкции изменений природных условий на основе комплексного изучения донных отложений изученных озер планируется выполнение геохимического, гранулометрического, диатомового, спорово-пыльцевого анализов, а также определение доли органического/карбонатного/минерального материала в осадках, выделение и привязка к геохронологической шкале основных этапов осадконакопления и развития окружающих ландшафтов. Интерпретация изменений рассматриваемых параметров в каждом из выделенных этапов осадконакопления позволит получить принципиально новую информацию об условиях седиментации в голоцене и детально реконструировать климатический сигнал.

Благодарности. Исследование проводится при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-27-00437.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stroeve J.C., Markus T., Boisvert L., Miller J., Barrett A. Changes in Arctic melt season and implications for sea ice loss // *Geophys. Res. Lett.* 2014. № 41. doi: 10.1002/2013GL058951.
2. Полещук К.В., Веркулич С.Р., Ёжиков И.С., Пушина З.В. Последледниковые изменения относительного уровня моря на полуострове Файлдс, остров Кинг Джордж (Западная Антарктика). *Лёд и Снег.* 2016;56(1):93-102. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-1-93-102>

S u m m a r y.

Climate warming is reducing the area of glaciers, which are being replaced by lakes. In the context of scientific interest in modern climatic changes on the Earth, the study of climatic changes in the Holocene is of obvious value. In 2019 field work was carried out on King George Island on the lakes above the level of Early Holocene marine transgression. Bottom sediment cores were sampled from the ice surface using a peat corer. As a result of the work, bottom sediments of 6 lakes (Geographov, Jura, Slalomnoye, Gostinichnoye, Trigoroskoye and Mesyats) were sampled and described. The results interpretation of litho-chrono-bio stratigraphical analysis and XRF scanning in each of the distinguished stages of sedimentation will make it possible to establish under what conditions sedimentation took place and to reconstruct the climatic signal in detail.

ПАЛЕОЛАНДШАФТНЫЕ ИНДИКАТОРЫ В ПОЧВЕННО-СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ ЛЕТОПИСИ ПАМЯТНИКА ВЕРХНЕГО ПАЛЕОЛИТА КОСТЕНКИ-17

Ф.Г. Курбанова¹, Е.А. Константинов¹

¹*Институт географии РАН, fatima.kurbanova@igras.ru, eakonst@igras.ru*

PALEOLANDSCAPE INDICATORS IN THE SOIL-SEDIMENTATION CHRONICLE OF THE UPPER PALEOLITH SITE KOSTENKI-17

F.G. Kurbanova¹, E.A. Konstantinov²

¹*Institute of Geography RAS*

Аннотация.

Несмотря на большое количество палеопочвенных исследований Костенковских памятников, до сих пор не разрешен вопрос о генезисе и эволюции палеопочв и условиях их формирования. Целью данного исследования является реконструкция локальной природной обстановки на территории археологического памятника Костенки-17, начиная с позднего плейстоцена до настоящего времени. Впервые для последовательности отложений на памятнике Костенки-17 были выполнены литолого-почвенные анализы с высокой детальностью: образцы отбирались из стенки раскопа (общей глубиной 6 м) с шагом 5 см без перерывов. Анализ текстур позволил разделить толщу по механизмам осадконакопления, выявить участие склоново-криогенных, флювиальных, почвенно-биогенных и эоловых процессов. Было установлено, что в период ранее ~40 т.л.н. формирование осадка преимущественно происходило за счет выполнения небольших русел временных водотоков, сформировавших присклоновый пролювиальный шлейф. В период с ~40 по ~20 т.л.н. чередовались процессы почвообразования и солифлюкции. Начиная с ~20 т.л.н. интенсивность склоновых процессов снизилась, осадконакопление происходило, в значительной степени, за счет эолового привноса пыли. В голоцене поверхность стабилизировалась, был сформирован полноценный профиль чернозёма.

Ключевые слова: палеопочвы, геоархеология, озерные отложения, палеореконструкции, плейстоцен, голоцен

Введение. На правом берегу Среднего Дона в районе сел Костенки и Борщево расположен крупнейший комплекс верхнепалеолитических памятников в Восточной Европе. Активные геоархеологические работы, нацеленные на реконструкцию среды обитания древнего человека, ведутся с середины XX столетия. Тем не менее, остается масса нерешенных проблем, связанных с условиями залегания культуросодержащих слоев, почвенно-стратиграфической корреляцией, выявлением перерывов в осадконакоплении. Почвенно-осадочные последовательности, содержащие культурные слои недостаточно подробно охарактеризованы аналитически с применением широкого комплекса литолого-почвенных методов. Это существенно осложняет решение задачи по реконструкции окружающих палеоландшафтов, что имеет особое значение для познания этапов истории первобытного общества в целом [1].

Костенки-17 являются многослойным памятником, верхний культурный слой датируется ~22 тыс л.н., нижний культурный слой, который находится на глубине ~4 м, датируется ~41 тыс. л.н. Между этими слоями находятся слои с эфемерными палеопочвами, которые часто объединяются в «верхнюю гумусовую толщу» [1].

Одной из главных проблем остаются палеоландшафтные реконструкции в крупном масштабе на отдельных памятниках. Целью данного исследования является реконструкция локальной природной обстановки на стоянке Костенки-17, начиная с середины позднего плейстоцена и до настоящего времени. Ключевая задача данного исследования состоит в получении и анализе большого объема литолого-почвенных данных для интервала последних 40 т.л.н. Впервые для стоянки Костенки-17 были выполнены комплексные лабораторные анализы с высокой подробностью: опробование стенки раскопа выполнялось сплошное с шагом 5 см.

Методы. В данной работе использованы результаты измерения цвета почв спектрофотометром KonicaMinolta CM-700d с использованием цветовой системы CIE L*a*b*, которая характеризует соотношение зеленого и красного a*, желтого и голубого b*, а также светлоты L*. Спектральные характеристики отраженного от осадка света, широко применяются в целях диагностики процессов седиментогенеза и почвообразования [2].

Для индикации интенсивности автоморфного почвообразования и вулканических осадков была измерена магнитная восприимчивость при помощи капаметра ZHstruments SM-150L. Измерение магнитной восприимчивости было выполнено. Анализ химического состава почв был выполнен рентгенофлуоресцентным методом на приборе Спектрон-МАКС GVM. Для оценки литологической неоднородности были использованы такие геохимические индексы как Ti/Al [3]. Гранулометрический анализ был выполнен с использованием лазерного анализатора размеров частиц Malvern Mastersizer 3000.

Последовательное определение потерь при прокаливании (ППП) при двух температурных режимах (550°C и 950°C) является стандартной методикой [4] определения соотношения основных компонентов отложений – органического вещества и карбонатов.

Результаты и обсуждение. В нижних 1,5 м разреза под уровнем вулканического пепла Флегрейских полей (возраст около 40 т.л.н.) вскрыта слабонаклонная слоистая толща с включением обломков гравийной размерности. Местами наблюдаются вложенные в основную толщу эрозионные врезьы ранга промоин, заполненные схожими слоистыми отложениями. Выше вулканического пепла наблюдается толща сильно деформированных отложений с уровнями маломощных палеопочв. Согласно морфологическим характеристикам и текстуре отложений можно предположить, что от ~40 до ~20 тысяч лет назад происходило чередование этапов стабилизации поверхности и формирования палеопочв с этапами активного склонового смещения чехла рыхлого материала. Гумусовые горизонты сильно деформированы, местами перевернуты. На разных стенках прослеживаются подвернутые валики, которые имеют схожую морфологию и периодичность. В профиле на разных стенках читаются признаки вязко-пластичного течения грунта. Причем, в перемещение был вовлечен только приповерхностный слой, что может косвенно указывать на протекание солифлюкции. Вероятно, процессы солифлюкции были обусловлены наличием многолетней мерзлоты, но верхние 1,5 метра были сформированы после завершения активных склоновых процессов, связанных с криогенезом. Начиная с ~20 т.л.н. отложения формировались в более стабильных геоморфологических условиях, поскольку в позднеплейстоцен-голоценовой толще не наблюдается текстур склоновых деформаций.

Выявлено несколько согласованных пиков цветовых характеристик и магнитной восприимчивости (рис. 1). Первый сверху пик характеризуется повышенными значениями магнитной восприимчивости и красноты a^* , а также низкими значениями светлоты L^* и является индикатором голоценовой темноцветной почвы. На глубине 1 м выделяется пик значений MV и красноты, низких значений светлоты также совпадает с началом верхней гумусовой пачки. Отложение на глубине 2,7 м и 4,5 м, напротив, характеризуются высокими значениями магнитной восприимчивости, но низкими значениями красноты a^* . На глубине 4,5 м также выделяется довольно высокий показатель светлоты L^* . Вероятнее всего, в данных слоях происходили процессы оглеения, которые являются результатом переувлажнения и приводят к понижению значений магнитной восприимчивости и к осветлению материала [5]. Пик

светлоты и магнитной восприимчивости на глубине 3,3 м связан с вулканическими отложениями, которая выделяется в профиле коричневатым цветом. Низкие значения частотной зависимости при высоких значениях магнитной восприимчивости также являются индикатором тефры.

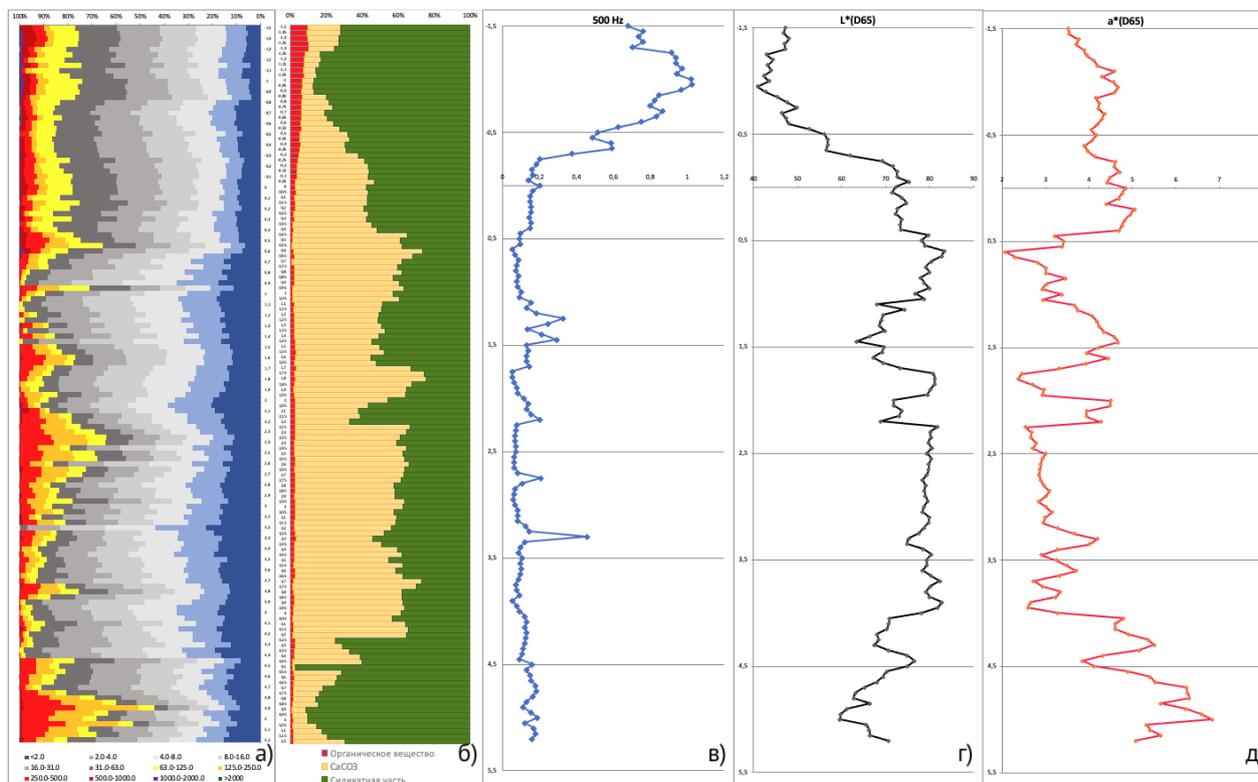


Рис. 1 Результаты анализов отложений археологического памятника Костенки-17. А) гранулометрический состав, Б) соотношение органического вещества, карбонатов кальция и силикатов, В) магнитная восприимчивость, Г) L* (светлота) Д) a* (краснота).

Анализ распределения гранулометрический состава показал, что в толще стоянки Костенки-17 по резким границам выделяются несколько хиатусов – перерывов в осадконакоплении.

С данными гранулометрического состава также согласуются резкие границы в распределении органического вещества и силикатной части. Хиатусы, выделенные в пределах верхней гумусовой толщи, связаны с процессами солифлюкции. Резкие границы гранулометрического состава в нижней части толщи, вероятно, обусловлены эрозионно-аккумулятивными процессами в линейных формах. Несмотря на это, значения у геохимических индикаторов Ti/Al, Ti/Zr характеризуются небольшим разбросом значений по всей толще (0,03 до 0,06), что говорит об отсутствии литологической неоднородности в толще Костенки-17.

Кроме того, нами были получены керны донных отложений из двух озер, расположенных внутри долины Дона в непосредственной близости от

костёнковской группы верхнепалеолитических памятников. Мощность озерных илов в озере Погоново, расположенного на террасе левого берега Дона, составила 5,3 метра. Озерные илы представлены органо-минеральной и карбонатной гиттией, которые подстилаются минеральным озерным суглинком. Строение и состав донных отложений указывают на их типичное озерное, а не старичное происхождение. Стабильные условия озерного осадконакопления сформировались здесь, по-видимому, еще в конце позднеледникового – начале голоцена. Данные о строении и составе отложений представленных озер будут служить в качестве палеоклиматических летописей, которые отличаются высокой полнотой и подробностью записи. Вместе с тем, литолого-геохимический анализ кернов может существенно дополнить наши представления об эволюции долины Дона в позднеледниковье и голоцене.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-18-00327. Исследование проведено в рамках гос. задания Института географии РАН No АААА-А19-119021990092-1 (FMWS-2019-0008).

ЛИТЕРАТУРА

1. Величко А. А. и др. Палеогеография стоянки Костенки-14 (Маркина гора) //Археология, этнография и антропология Евразии. 2009. Т. 4. №. 40. С. 4.
2. Deaton B. C., Balsam W. L. Visible spectroscopy--A rapid method for determining hematite and goethite concentration in geological materials //Journal of Sedimentary Research. 1991. Т. 61. №. 4.
3. Alekseeva T. V., Alekseev A. O., Gubin S. V. Paleosol Complex in the Uppermost Mikhailovian Horizon (Viséan, Lower Carboniferous) in the Southern Flank of the Moscow Syncline // Paleontological journal vol. 50 No. 4. 2016. P. 319-325
4. Heiri O., Lotter A. F., Lemcke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results //Journal of paleolimnology. 2001. Т. 25. №. 1. P. 101-110.
5. Байбеков, Р. Ф., Савич, В. И., Егоров, Д. Н., Хесам, М., Каба, Р. Оценка цвета почв в полевых условиях с использованием прибора Gretag Macbeth Eye-One Photo // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2007 №4. с. 23-28.

S u m m a r y.

Despite the large number of paleosol studies of the Kostenki sites, the question of the genesis and evolution of paleosols and the conditions of their formation has not yet been resolved. The purpose of this study is to reconstruct the local natural environment on the territory of the Kostenki-17 archaeological site, from the late Pleistocene to the present. For the first time, for the sediment sequence at the Kostenki-17 site, lithological and soil analyzes were performed with high detailing: samples were taken from the wall of the excavation (with a total depth of 6 m) with a step of 5 cm without interruptions. Morphological description made it possible to divide the sequence according to the mechanisms of sedimentation, to reveal the participation of slope cryogenic, fluvial, soil biogenic and eolian processes. It was found that in the period earlier ~40 ka. Formation of sediments mainly occurred due to the filling of small channels of temporary water courses, which formed an alluvial fan. In the period from ~40 to ~20 ka. processes of soil formation and solifluction alternated. Starting from ~20 ka the intensity of slope processes decreased, sedimentation occurred to a large extent, due to the eolian dust input. In the Holocene, the surface stabilized, and a full-fledged chernozem profile was formed.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ГРИВ И ПОЧВ ТОБОЛ-ИШИМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО ДАННЫМ ПРОФИЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ

С.И. Ларин¹, Н.С. Ларина², В.А. Алексеева³

¹ *Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия, silarin@yandex.ru*

² *Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия, nslarina@yandex.ru*

³ *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, valekseeva@rambler.ru*

CONDITIONS FOR THE FORMATION OF MANE DEPOSITS OF THE TOBOL-ISHIM INTERFLUVE ACCORDING TO THE PROFILE DISTRIBUTION OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY

S.I. Larin¹, N.S. Larina², V.A. Alekseeva³

¹ *Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia, silarin@yandex.ru*

² *Tyumen State University, Tyumen, Russia, nslarina@yandex.ru*

³ *Moscow, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, valekseeva@rambler.ru*

Аннотация.

Изучено распределение параметров магнитной восприимчивости по профилю современных почв и подстилающих их гривных толщ на юго-западе Западной Сибири в пределах подтайги и лесостепи Тобол-Ишимского и Ишим-Иртышского междуречий (54⁰-57⁰ с.ш.). Выявлено заметное усиление «магнитного сигнала» в современных почвах по сравнению с подстилающими породами. Предпринята попытка количественной реконструкции палеоклиматических условий при формировании отложений грив и сформированных на них современных почв.

Ключевые слова: грядово (гривно)-ложбинный рельеф, покровные лессовидные отложения, почвы, магнитная восприимчивость, палеоклиматические условия, индекс аридности Де-Мартона, коэффициент увлажнения, поздний неоплейстоцен, позднеледниковье, голоцен

На юге Западной Сибири и в Северном Казахстане широко известны вытянутые преимущественно с северо-востока на юго-запад параллельные и субпараллельные гряды (местное название - гривы), с которыми парагенетически связан покров лессовидных отложений, палеокриогенный микрорельеф, фрагменты ископаемых почв и другие элементы литогенной основы современных ландшафтов. Многочисленные исследования грив юга Западно-Сибирской равнины проводятся с 30-х годов XX в., но их генезис и возраст объясняют неоднозначно [4,7-10].

Изучение морфологии и геологического строения разрезов грив, расположенных в пределах подтайги и лесостепи Тобол-Ишимского и Ишим-Иртышского междуречий (54⁰-57⁰ с.ш.), их вещественного состава (гранулометрия, морфоскопия кварцевых зерен, криолитология, литогеохимия), позволило получить новые данные о возрасте и условиях их формирования [4,11-12; и др.].

Для проведения палеоклиматических исследований были определены значения удельной магнитной восприимчивости (χ) образцов горных пород и почв из 10 разрезов грив. Мощность изученных гривных толщ составила 5-6-12м, интервал отбора проб 10-20см. Аналитические исследования были выполнены в ЦКП ИФХиБПП РАН, г. Пущино (Московская обл.) с использованием Карраbridge KLY-2.

Средние значения χ по профилю отложений грив (без почв) находятся в диапазоне от $8,9 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ (Верхнеглубокое, $55^{\circ}17'41,0''$ с.ш., $66^{\circ}30' 04,1''$ в.д.; Кареглазово, $56^{\circ}18'27,4''$ с.ш., $70^{\circ}26' 48,6''$ в.д.) до $10,6 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ (Чуртан, $56^{\circ}42'37,9''$ с.ш., $70^{\circ}34'15,3''$ в.д.). Графики значений χ разрезов отложений грив, расположенные ниже почв, имеют вид «прямой» с небольшими отклонениями значений в сторону увеличения или уменьшения от условной средней линии. Поскольку почвообразующие породы (толщи грив) рассматриваемой территории близки по генезису и гранулометрии, сложены преимущественно низкосортированным мелким глинистым песком и песчанистым алевритом [4,11-12], фактические значения χ по профилям отдельных разрезов отложений грив, ниже уровня почв, изменяются в относительно небольшом диапазоне от $7,1 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ до $12,2 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$.

В приповерхностных частях разрезов грив, соответствующих современным почвам, величины магнитной восприимчивости по сравнению с породой резко возрастают, поскольку здесь в ходе почвообразовательного процесса происходит новообразование ферромагнитных минералов [1-3,5,17-18].

Максимальные значения χ наблюдаются на глубинах 0,1-0,3м, где составляют: $98,9 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ (Савина, глубина 0,1-0,2м), $98,6 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ (Большеудалово, глубина 0,1-0,2м), $51,0 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ (Чуртан, глубина 0,3м), $50,9 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ (Кареглазово, глубина 0,1-0,2м), $42,6 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ (Красноорловское, глубина 0,3-0,4м), $13,8 \cdot 10^{-8} \text{м}^3/\text{кг}$ (Верхнеглубокое, глубина 0,1-0,2м).

Для количественной реконструкции палеоклиматических условий, имевших место во время формирования грив, проанализированы эмпирические зависимости магнитных свойств, слагающих гривы горных пород и сформировавшихся на них почв от климатических параметров рассматриваемого региона. При анализе климатических параметров использованы «Научно прикладной справочник по климату СССР» [13], «Справочник по климату СССР» [14] для исследуемой территории, глобальная

база данных WorldClim, доступная на сайте <http://www.worldclim.org/>, а также ряд других источников.

Реконструкция палеоклимата голоцена для территории юга Восточно-Европейской равнины, выполненная с использованием магнитной восприимчивости [3], показала значимую связь χ с индексом аридности Де-Мартонна [15,16], $IDM = P/(T + 10)$, P - годовое количество осадков, T – среднегодовая температура, $^{\circ}\text{C}$ ($R^2 = 0,858$) и концептуально близким ему коэффициентом увлажнения $KU = P/E_0$, где P - годовое количество осадков, E_0 - годовая потенциальная эвапотранспирация (испаряемость) [6,19] ($R^2 = 0,851$). Значимая связь χ выявлена также с осадками теплого (апрель-октябрь) периода ($R^2 = 0,845$), осадками осени ($R^2 = 0,843$), средним годовым количеством осадков ($R^2 = 0,837$), осадками лета ($R^2 = 0,820$), осадками весны ($R^2 = 0,819$), температурой лета ($R^2 = 0,809$), суммой активных температур $> 10^{\circ}$ ($R^2 = 0,790$) [3]. В этой связи основной акцент при реконструкции условий формирования глинных толщ и сформированных на них почв был сделан на эти показатели.

Исследованиями [1,3] выявлено, что для сравнительного анализа близких по генезису и магнитной восприимчивости (χ) почв наиболее эффективным является использование показателя $\Delta\chi$, характеризующего средний прирост χ в почве по сравнению с материнской породой и позволяющего более полно отразить особенности χ почвенного профиля. Величина $\Delta\chi$ определяется как средневзвешенная для почвенного профиля разность между χ генетических горизонтов или слоев почвы и χ породы. В свете сказанного выше сформирована выборка для 10 точек (разрезов), в каждой из которых рассчитан $\Delta\chi_{0-70}$ – средний взвешенный прирост относительно материнской породы до глубины 0,7 м: $\Delta\chi_{0-70} = \sum h_i (\chi_i - \chi_{мп}) / \sum h_i$, где h_i – мощность горизонта i , $\chi_{мп}$ – магнитная восприимчивость материнской породы, χ_i – магнитная восприимчивость горизонта i .

Результаты реконструкции показывают, что в ходе формирования глинных толщ и почв ландшафтно-климатические условия были неоднородны.

Благодарности. Авторы благодарят чл.-корр. РАН, д.б.н.А.О.Алексеева и д.б.н. Т.В.Алексееву (ИФХиБПП РАН, Пущино) за содействие при проведении аналитических исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-05-00734А и в рамках госзадания № 1021061810416-7

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А.О., Алексеева Т.В. Оксидогенез железа в почвах степной зоны. М.: ГЕОС, 2012. 204 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. Алексеев А.О., Митенко Г.В., Шарый П.А. Количественные оценки палеоэкологических изменений в позднем голоцене на юге Восточно-Европейской равнины на основе магнитных свойств почв // Почвоведение, 2020, №12, с.1425-1435. DOI: 10.31857/S0032180X20120023
4. Алексеева В.А., Ларин С.И., Ларина Н.С. Морфоскопия кварцевых зерен из отложений гривных толщ Тобол-Ишимского междуречья // Геоморфология, 2022, том 53, №3, с.117-127.
5. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О., Иванов А.В., Морозов В.В. Магнетизм почв. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 1995. 219 с.
6. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1956. 256 с.
7. Волков И.А., Волкова В.С., Задкова А.А. Покровные лёссовидные отложения и палеогеография юго-запада Западной Сибири в плиоцен-четвертичное время. Новосибирск, Наука, 1969, 332 с.
8. Волков И.А. Позднечетвертичная субаральная формация.-М.:Наука,1971.-354с.
9. Волков И.А. Роль эолового фактора в эволюции рельефа // Проблемы экзогенного рельефообразования: Кн.1.М.: Наука, 1976.С.264-284.
10. Городецкая М.Е. Морфоструктура и морфоскульптура юга Западно-Сибирской равнины.М.: Наука, 1972.-с.154с.
11. Ларин С.И., Ларина Н.С., Алексеева В.А. Палеогеографические условия формирования грив на юго-западе Западной Сибири в позднем квартере//Пути эволюционной географии - 2021: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А.Величко (Москва, 22-25 ноября 2021 г.). – М.: Институт географии РАН, 2021, с.181-185.
12. Ларин С.И., Лаухин С.А., Алексеева В.А., Ларина Н.С. О мерзлотно-климатических условиях формирования гривных толщ Тобол-Ишимского междуречья //Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов: Материалы науч. онлайн-сессии, 19–22 апреля 2021 г. [электронный ресурс] / Под ред. Н.К. Лебедевой, А.А. Горячевой, О.С. Дзюба, Б.Н. Шурыгина. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2021. С.322-326.
13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 17 Тюменская и Омская области. СПб.: Гидрометеиздат, 1998. 703с.
14. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1965. Вып. 9. Часть 2. 356 с.
15. De Martonne E. Aréisme et indice d'aridité//Compt.Rend.Acad.Sci.1926.V.182. P. 1395-1398.
16. Encyclopedia of Earth Sciences // Encyclopedia of Climatology. V. XI / Eds J.E. Oliver, R.W. Fairbridge. N.Y.: van Nostrand Reinold, 1987. 103 p.
17. Maher B.A., Alekseev A.O., Alekseeva T.V. Climate dependence of soil magnetism across the Russian steppe: significance for use of soil magnetism as a palaeoclimatic proxy // Quater. Sci. Rev.2002. V. 21. P. 1571– 1576.
18. Retallack G.J. Soils of the Past: An introduction to paleopedology. Malden, USA, Blackwell Science. 2001. 404 p.
19. Thornthwaite C.W. An approach toward a rational classification of climate // Geograph. Rev. 1948. V. 38. P. 55–94.

S u m m a r y.

The distribution of magnetic susceptibility parameters according to the profile of modern soils and their underlying hryvnia strata in the south-west of Western Siberia within the sub taiga and forest-steppe of the Tobol-Ishim and Ishim-Irtysh interfluves (540-570 N lat.) was studied. A noticeable strengthening of the "magnetic signal" in modern soils in comparison with underlying rocks was revealed. An attempt is made to quantitatively reconstruct paleoclimatic conditions in the formation of mane deposits and modern soils formed on them.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОГРЕБЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ ПРИИШИМЬЯ

Н.С. Ларина¹, С.И. Ларин², Е.Е. Китаева¹, В.В. Шкуренко¹

¹ Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия, *nslarina@yandex.ru*

² Институт криосферы Земли ТЮМНЦ СО РАН, Тюмень, Россия, *silarin@yandex.ru*

GEOCHEMICAL FEATURES OF THE BURIED PEATLANDS OF PRIISHIMYE

N.S. Larina¹, S.I. Larin², E.E. Kitaeva¹, V.V. Shkurenko¹

Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia, silarin@yandex.ru

² *Tyumen State University, Tyumen, Russia, nslarina@yandex.ru*

Аннотация.

Верховые торфяники в настоящее время активно используются для реконструкции условий в период их формирования. Реже для этих целей применяются погребенные торфяные толщи. Проблема их происхождения и информативности является дискуссионной. В данной работе приведены результаты послойного химического анализа разреза, расположенного в нижней части поймы р. Барсук (Викуловский район, Тюменская область), содержащего погребенную торфяную залежь. Данные радиоуглеродного датирования свидетельствуют, что торфяник существовал в интервале от 7120±60 л.н. (7940±60 кал. лет) до 3140±50 л.н. (3350±60 кал. лет). Приводятся результаты распределения органического вещества и валового содержания некоторых макроэлементов, определенных методом РФА. Послойный химический анализ разреза позволил выявить некоторые геохимические особенности его состава и эволюции.

Ключевые слова: Приишимье, погребенные торфяники, послойный анализ, химический состав, радиоуглеродный возраст

Палеоэкологическое изучение верховых торфяников Приишимья [1, 2, 3] выявило их возраст, эколого-геохимические особенности, возможность использования полученной информации для реконструкции климатических и экологических условий их формирования в разные периоды. Проблема происхождения погребенных торфяников имеет давнюю дискуссионную историю [4].

В 2020 г в нижней части разреза поймы р. Барсук у с. Коточиги (Викуловский район, Тюменская область), имеющей относительную высоту над урезом воды в реке 7,5 м, обнаружен погребенный торфяник, перекрытый пойменными осадками (рис.1).

Верхние 30 см представляют собой современные почвы, ниже которых, до глубины 2,7 м, находится слой пойменного аллювия, супесь с органоминеральными слоями, который можно отнести к погребенным почвам. На глубинах 2,7-4,6 м от поверхности наблюдается слоистый горизонт с чередованием разных прослоек в ряде случаев, напоминающих остатки погребенной извести (глубины: 3,2; 3,35-3,50; 3,65-3,75; 3,83-3,90 м). В торфянике также обнаружены два прослоя (на глубине 4,3-4,6 и 5,2-5,6 м) с

высоким содержанием остатков моллюсков. Радиоуглеродное датирование образцов показало [4], что торфяник существовал в интервале от 7120 ± 60 л.н. (7940 ± 60 кал. лет) до 3140 ± 50 л.н. (3350 ± 60 кал. лет).



Рис.1. Вид торфяной залежи (фото С.И. Ларина)

Для выяснения геохимических особенностей эволюции торфяника, были отобраны образцы проб с шагом 10 см на глубину 5,7м. Пробы высушивали до воздушно-сухого состояния, доводили до постоянной массы при температуре $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ (определение гигровлаги), озоляли при температуре $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы (определение зольности и потерь при прокаливании) [5]. Для определения элементного состава применялся метод волнодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии (WDXRF) с использованием спектрометра ARL Optim'X, оснащенного IT-комплексом OXSAS для управления прибором и обработки результатов. Высушенный образец почв измельчался на вибрационном истирателе ИВ-1 в стальной гарнитуре до фракции <80 мкм. Полученный порошок смешивался со связующим материалом (воском CEREОХ) в соотношении 4:1 и прессовался в таблетки диаметром 40 мм при давлении 20 т.

Проведение послойного химического анализа исследуемого разреза показало, что наиболее активное накопление органического вещества (ППП и ТС) наблюдалось на глубинах 520-560 см (рис.2, а), в этот же период наблюдается значительное скопление останков моллюсков, что приводит к росту в данном слое содержания кальция (рис.2, в). Содержание кремния в этом слое резко падает, тенденция к снижению характерна и для алюминия. Радиоуглеродное датирование этого слоя свидетельствует о его формировании

9780±300 л.н. (11280±490 кал.л.) [4]. Затем период активного формирования торфяной залежи сменился периодом его относительно стабильного существования (гл. 470-520 см). В этот период происходило формирование верхового торфа (ППП 70-90%). Это подтверждается характером распределения содержания азота на этих глубинах (рис.2, б). Вероятно, период формирования данного слоя происходил в период значительного понижения уровня воды в реке, что привело к формированию торфяной залежи верхового типа и резкое снижение поступления глинистых и песчаных отложений.

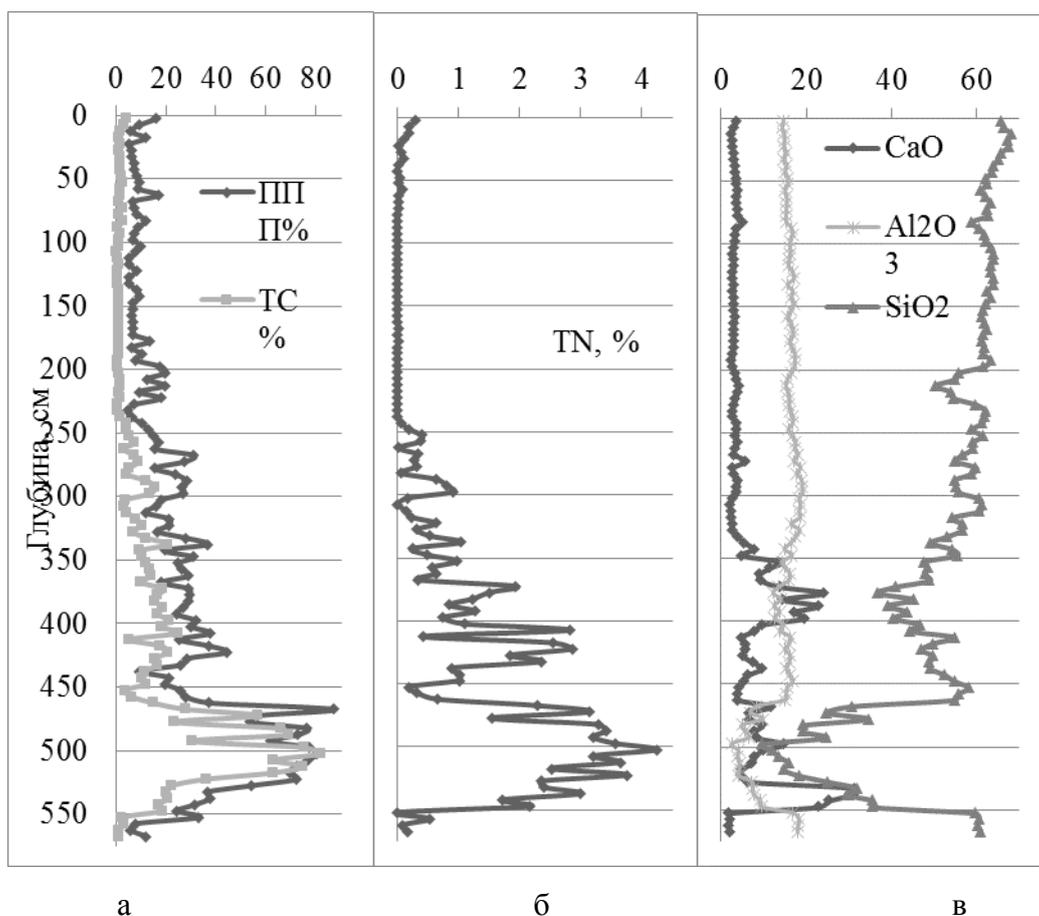


Рис.2. Распределение содержания: а - общего углерода(ТС, %) и потерь при прокаливании (ППП, %); б – общего азота (TN,%); в – валового содержания оксидов Ca, Al, Si (%).

Однако, начиная с глубины 500 см в отложениях возобновляется постепенный рост содержания песка и глины и содержание азота начнет падать, что может свидетельствовать о подъеме уровня воды в реке и угнетению роста растительности, сформировавшейся в более ранний период. Увеличение влажности имеет неравномерный характер, что отражается на накоплении углерода и азота в залежи. На глубине 470-450 см происходит

резкое изменение данных показателей: содержание углерода и азота падает практически до нуля, а содержание оксида кремния достигает максимальных значений. Затем период высокой обводненности замедляется, вновь появляется растительность, но ее количество значительно снижается и данный торф уже можно отнести к низинному типу в соответствии с основными геохимическими характеристиками. Накопление данного вида торфа продолжалось до глубины 270 см (отсчет сверху) и сопровождалось еще несколькими стадиями увеличения биопродуктивности, но значительно более слабого характера. В более поздний период накопления торфа не наблюдалось, хотя органические прослойки встречаются и в верхней части разреза, но они не привели к значительному накоплению органического вещества, что может быть связано с их незначительным количеством или высокой скоростью разложения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-05-00734А и в рамках госзадания № 1021061810416-7 на оборудовании ЦКП ТюмГУ (Министерство науки и высшего образования РФ, контракт 05.594.21.0019).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларина Н.С., Ларин С.И., Меркушина Г.А. Накопление химических элементов в верховых торфяниках подтаежного Зауралья в голоцене // Почвоведение. 2014. № 7. с. 812-823.
2. Ларина Н.С., Ларин С.И. Динамика геохимического состава верховых торфяников в период их формирования // Материалы Шестого Международного полевого симпозиума. 2021. С. 173-175.
3. Larina N.S., Larin S.I., Moiseenko T.I. Geochemical Differentiation in the Stratigraphy of a Peat Bed as an Indicator of Its Evolution in the Holocene// *Geochemistry International*, 2013, Vol. 51, No. 2, pp. 129–139.
4. Ларин С.И., Ларина Н.С., Максимов Ф.Е., Ямских Г.Ю., Макаrchук Д.Е., Баженов А.И. Погребенные торфяники малых рек Тюменского Приишимья // Материалы Шестого Международного полевого симпозиума. 2021. С. 170-172.
5. Ларина Н.С. Практикум по химико-экологическому мониторингу окружающей среды/ Н.С. Ларина, В.Г. Катанаева, Н.В. Ларина. Шадринск: Издательство ОГУП "Шадринский Дом Печати", 2007. 390 с.

Summary.

Upper peatlands are currently actively used for the reconstruction of conditions during the period of their formation. Less often, buried peat strata are used for these purposes. The problem of their origin and informativeness is debatable. This paper presents the results of a layer-by-layer chemical analysis of a section located in the lower part of the floodplain of the Barsuk River (Vikulovsky District, Tyumen Region), containing a buried peat deposit. Radiocarbon dating data indicate that the peat bog existed in the range from 7120±60 l.p. (7940±60 cal. years) to 3140±50 l.p. (3350±60 cal. years). The results of the distribution of organic matter and the gross content of some macronutrients determined by the XRF method are given. Layer-by-layer chemical analysis of the section revealed some geochemical features of its composition and evolution.

МИНЕРАЛОГО-МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ СУХОСТЕПНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРО- ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

М.П. Лебедева¹, Р.Э. Мусаэлян¹, Т.В. Романис^{1,3}, Е.Б. Варламов¹, А.О. Makeev²

¹ ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, *m_verba@mail.ru*

² МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, *makeevao@gmail.com*

³ Институт мерзлотоведения им. П.И.Мельникова, Якутск, *romanis.tatyana@yandex.ru*

MINERALOGICAL AND MICROMORPHOLOGICAL PROXIES OF THE EVOLUTION OF SOILS OF DRY-STEPPE COMPLEXES IN THE NORTH- WESTERN PART OF THE CASPIAN LOWLAND

M.P. Lebedeva¹, R.E. Musaelyan¹, T.V. Romanis^{1,3}, E. B. Varlamov¹, A.O. Makeev²

¹ Federal Research Centre "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow

² M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow

³ Melnikov Permafrost Institute, Yakutsk

Аннотация

Проведен сравнительный анализ свойств каштановой почвы на лессе при близком подстилании нижнехвалынскими шоколадными глинами (ШГ) в обнажении Райгород (13,68 м н.у.м.) и солонца коркового на лессе, подстилаем слоистыми отложениями (Джаныбекская равнина, 28 н.у.м.). Показано, что близость минералого-микроморфологических показателей сравниваемых почв позволяет говорить об участии ШГ в отложениях более высоких поверхностей Волго-Уральского междуречья. В верхних слоях ШГ выявлены признаки реликтового почвообразования, которое протекало в криоаридных условиях при переходе от плейстоцена к бореальному периоду голоцена. Поверхностные почвенные горизонты характеризуются сочетанием актуальных микропризнаков, отражающих современные тренды изменения климата.

Ключевые слова: каштановая почва, солонец, эволюция, шоколадные глины, лесс

Эволюция почвенного покрова Прикаспийской низменности имеет длительную историю изучения [1]. Выраженный микро, мезо и макрорельеф и пестрота почвообразующих пород низменности обусловили комплексность почвенного покрова. Комплексы представлены солонцами, каштановыми и лугово-каштановыми почвами. Свойства почвообразующих пород северной части Прикаспийской низменности во многом определяются хвалынскими трансгрессиями и регрессиями Каспийского моря. Изучение геологических разрезов на многочисленных береговых обнажениях реки Волга позволило охарактеризовать динамику природной среды в плейстоцене [2]. Эти результаты позволяют по-новому взглянуть на эволюцию почвенного покрова Волго-Уральского междуречья. Одним из опорных разрезов с мощной толщей нижнехвалынских шоколадных глин (ШГ) является Райгород. Для этого разреза выполнено большое количество датировок. Так, для верхнего лессового слоя над ШГ на глубине всего 0.85 м возраст определен в $10,4 \pm 0,6$ тыс. лет [3].

Цель исследования - провести сравнительный минералого-микроморфологический анализ разных типов почв на лессах с близким подстиланием шоколадных глин.

Объект и методы. Каштановая почва расположена на второй высокой террасе левобережья р. Волги (13.68 м. н.у.м). Солонец сформирован на не дренируемой территории Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН (28 м. н.у.м) на микроповышении между 3 и 4 гослесополосами.

Микроморфологические исследования проводились по классическим методикам с использованием поляризационного микроскопа нового поколения Olympus BX51 с цифровой камерой Olympus DP26 и сопровождались физико-химическими анализами. Минералогический анализ выполнен для фракции <0.001 mm с использованием рентгеновского дифрактометра HZG-4a, которые являются оборудованием ЦКП «Почвенный институт им. В.В. Докучаева». Радиоуглеродное датирование образцов проведено в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН.

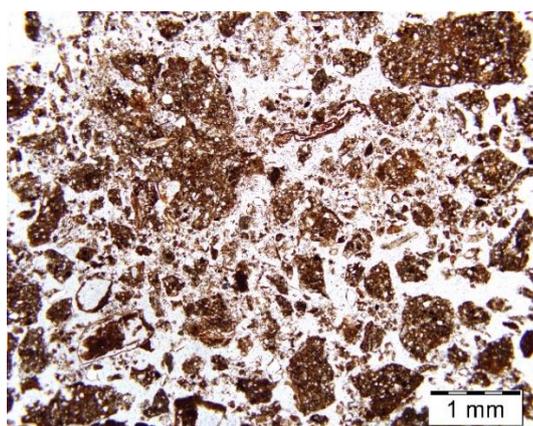
Результаты. Проведенные исследования показали, что профиль дневной каштановой почвы обнажения Райгород, сформированный при близком подстилании ШГ, имеет тот же минералогический состав ила, что и солонец Джаныбекского стационара. В обоих разрезах в составе ила преобладающими являются смешаннослойные минералы, за исключением самых поверхностных пылеватых горизонтов (0-6 (13) см), в которых преобладает иллит. Микроморфологические и минералогические признаки позволяют говорить, что в солонце нижние наиболее глинистые горизонты сформированы за счет эолового привноса материала ШГ с более низких поверхностей, сложенных ШГ (например, Лисья балка у оз. Эльтон). Помимо характерных глинистых агрегатов ШГ в этих горизонтах отмечен детрит раковин. В обоих разрезах представлены признаки криоаридной переработки ШГ. В каштановой почве обнажения Райгород они выражены в верхнем слое ШГ (102-107 см) в виде остроугольных агрегатов, сростков гипсовых кристаллов. В солонце признаки реликтового криоаридного почвообразования выражены на глубине 70-100 см в виде характерных округлых агрегатов с глинисто-гумусовыми кутанами. В этом горизонте отличена высокая величина коэффициента криогенной контрастности.

В каштановой почве весь профиль насыщен фрагментами ШГ (рис. 1), что определяет ее тяжелый гранулометрический состав. На микроуровне степень изменения фрагментов ШГ напрямую связана с интенсивностью преобразования почвообразованием в различных климатических условиях. В современном лессовом слое на глубине 3-6 см возрастом $^{14}\text{C} 111,40 \pm 2,35$ лет (IGAN 7443) фрагменты ШГ хорошо оструктурены за счет биогенных процессов и сезонного промерзания. Ниже (18-28 см) в отложениях возрастом $^{14}\text{C} 550 \pm 70$ лет (IGAN 7465) ШГ сохранилась только в виде микрофрагментов пылевой размерности, более крупные с размытыми границами. На поверхности агрегатов представлены признаки осолоцевания в виде тонких глинистых кутан. В слое 60-70 см в отложениях возрастом $^{14}\text{C} 840 \pm 100$ лет (IGAN 7718) фрагменты ШГ отличаются разной степенью преобразования - на фоне тонко плитчатых остроугольных форм в уплотненном пылевом материале отмечены сильно оглиненные микрзоны, покрытые карбонатными гипокутанами.

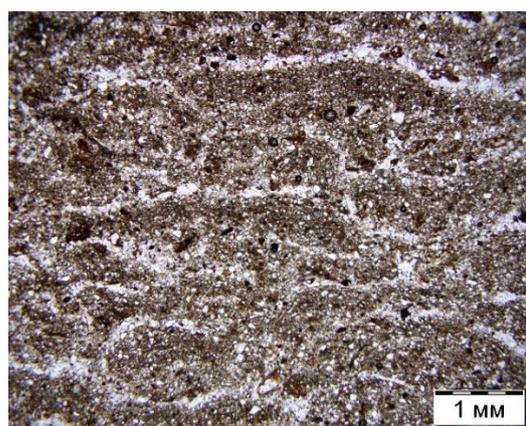
Основываясь на радиоуглеродных датировках можно сделать вывод о том, что поверхностная почва в обнажении Райгород сформирована примерно за 900 лет и затрагивает толщу мощностью около 80 см. Вероятно, скачкообразность возрастных дат изученных слоев определяется расположением почвы на второй террасе р. Волги с периодическим размывом и накоплением аллювиального и лессового материала, которые сопровождались кратковременными этапами стабильности в развитии почвообразования. При общей направленности процессов почвообразования характерных для аридных условий, в верхних слоях ШГ обнажения Райгород на контакте с лессом отмечаются признаки большей увлажненности, диагностируемая неравномерной пропиткой микритом, Mn дендровидными нодулями.

Эти периоды стабилизации поверхности по времени совпадали с гумидизацией климата в средневековье [4]. Поверхностные горизонты в солонце полностью соответствуют современным климатическим условиям. Так, выделяются признаки осолонцевания, слабого гумусонакопления и оструктуривания надсолонцового горизонта за счет сезонного промерзания. Материал ШГ отмечен на глубине 50-70 см в виде сильно трансформированных фрагментов.

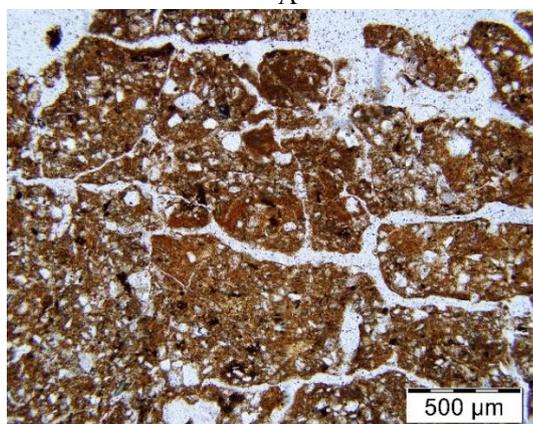
Таким образом, особенности изученных почв сухостепных комплексов северо-западной части Прикаспийской низменности позволили диагностировать современные и реликтовые почвенные признаки. Поверхностные горизонты наиболее полно отражают краткосрочные этапы изменения современного климата. Они проявляются в разной интенсивности гумусово-аккумулятивного, элювиального и солонцового процессов, связанных с уровнем стояния засоленных грунтовых вод, исходной засоленностью пород, климатическими трендами.



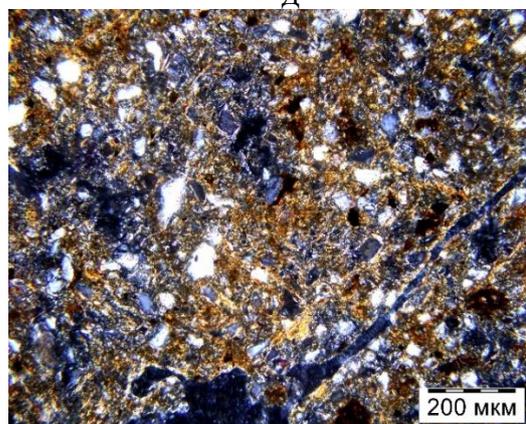
А



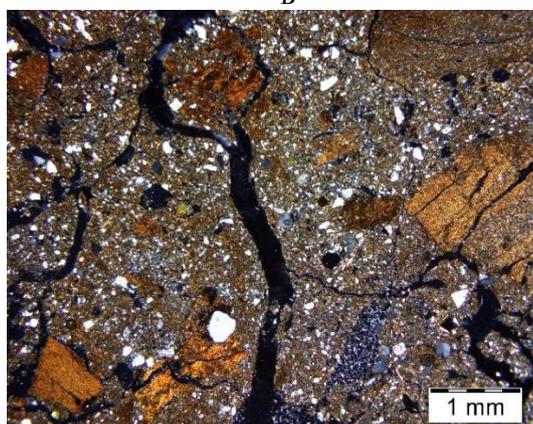
Д



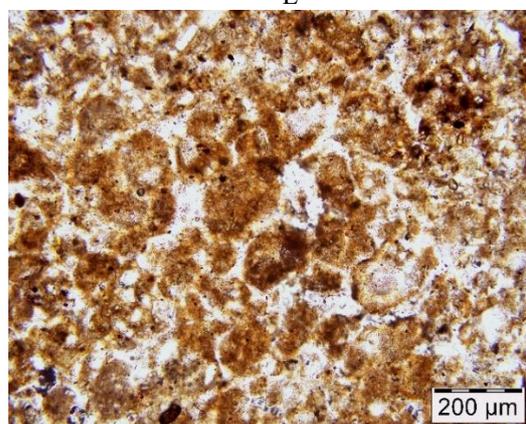
Б



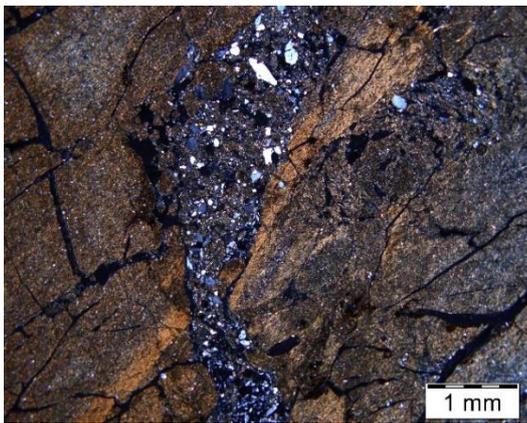
Е



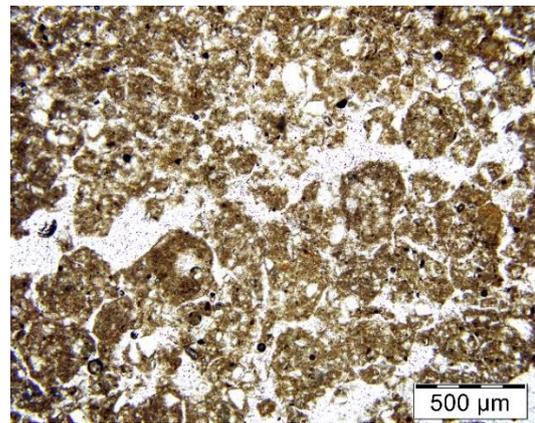
В



Ж



Г



З

Рис. 1. Микропризнаки каштановой почвы обнажения Райгород (А - Г) и солонца на Джаныбекской равнине. *Каштановая почва*: (Д - З): А) свежий эоловый нанос и комковатые агрегаты из материала ШГ (0-2 см, PPL), Б) ассимилированный фрагмент ШГ в составе плитчато-комковатых агрегатов (3-13 см, PPL), В) остроугольные фрагменты ШГ в уплотненном пылеватом материале (59-64 см, XPL), Г) криогенная трещина в ШГ слое с силикатно-гипсовым заполнением (103-107 см, XPL), *Солонец*: Д) тонкочешуйчатое структура в надсолонцовом горизонте (0-4 см, PPL), Е) разрушающийся оглиненный фрагмент в солонцовом горизонте (6-20 см, XPL), Ж) гранулярная структура материала ШГ (75-80- см, PPL), Е) погребенный гумусовый горизонт с глинисто-гумусовыми кутанами на округлых комковатых агрегатах (100-120 см, PPL).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант №21-74-20121.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковда В.А. Почвы Прикаспийской низменности (северо-западной части). Москва. 1950. 256 с.
2. Свиточ А.А., Янина Т.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. М.: РАСХН, 1997. 267 с.
3. N.A. Taratunina, J.P. Buylaert, R.N. Kurbanov, T.A. Yanina, A.O. Makeev, M.P. Lebedeva, A.O. Utkina, A.S. Murray. Late Quaternary evolution of lower reaches of the Volga River (Raygorod section) based on luminescence dating Quaternary Geochronology 72 (2022) 101369
4. Гольева, А. А., Чичагов В. П., Чичагова О. А. Динамика природной среды Северо-Западной Калмыкии во второй половине голоцена. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2006. № 2. С. 103-110.

S u m m a r y.

A comparative analysis of the properties of chestnut soil on the loess with close underlayment of marine sediments of the Khvalynian transgression (Chocolate clay facies (ChC)) in the Raygorod section (13.68 m a.s.l.) and solonetz on the loess, underlain by layered silty-clayey deposits (Dzhanybek plain, 28 m a.s.l.) was carried out. Specific micromorphological features of ChC can be used to diagnose the genesis of deposits on higher surfaces of the Volga-Ural interfluvium. In the upper layers of the ChC, signs of relict soil formation were revealed, which proceeded under cryo-arid conditions during the transition from the Pleistocene to the boreal period of the Holocene. The surface soil horizons are characterized by a combination of actual microfeatures reflecting current trends in climate change.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ИХ ПРОГНОЗ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

Н.А. Лемешко¹, В.П. Евстигнеев², А.В.Русаков¹, Ю.В. Симонова¹,
А.П.Морозов¹

¹СПбГУ, г. Санкт-Петербург, n.lemeshko@spbu.ru

² Севастопольский государственный университет, vald_e@rambler.ru

MODERN CHANGES IN AGROCLIMATE RESOURCES AND THEIR FORECAST FOR THE TERRITORY OF THE YAROSLAVL REGION

N.A. Lemeshko¹, V.P. Evstigneev², A.V. Rusakov¹, Ju. V.Simonova¹, A.P. Morozov¹

¹ St. Petersburg State University, St. Petersburg

²Sevastopol State University, Sevastopol

Аннотация.

Статья посвящена исследованию региональных изменений агроклиматических условий на фоне глобального потепления. Выполнена актуализация показателей, используемых в классической агроклиматологии для определения агроклиматического потенциала, таких как: сумма активных температур воздуха, продолжительность вегетационного периода, гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК). Сравнение значений индексов за два периода 1991-2020 гг. и 1961-1990 гг., позволило выявить главенствующую роль увеличения термических ресурсов при незначительном изменении количества атмосферных осадков, что определило тенденцию небольшого увеличения засушливости территории. На основе ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана получен прогноз изменения агроклиматических показателей на середину столетия.

Ключевые слова: глобальное потепление, агроклиматические индексы, температура воздуха, атмосферные осадки, МОЦАО.

Введение. На основе эмпирических данных 80-е годы прошлого столетия определены как начало периода глобального потепления [1], последствия которого затрагивают широкий спектр проблем, в том числе изменение агроклиматических ресурсов. Сельское хозяйство всегда зависело от климата и погоды, и поэтому все агрономические и агротехнические мероприятия направлены на преодоление неблагоприятных погодно-климатических условий и оптимальное использование благоприятных для земледелия условий.

Современное повышение глобальной температуры воздуха почти достигло величины в 1,0°C, характерной для потепления климатического оптимума голоцена, когда отмечались значительные изменения в компонентах ландшафтов, флоры, фауны и почв, однако временные масштабы этих потеплений несопоставимы [2]. Тем не менее, в последние десятилетия разработаны «природные индикаторы», подтверждающие последствия глобального потепления для окружающей среды [3].

Прогресс глобального потепления означает, что для исследования агроклиматического потенциала и реакции почв на изменение термических

ресурсов и режима увлажнения средние климатические характеристики требуют уточнения или даже применения новых показателей. В данном исследовании выполнена актуализация агроклиматических индексов для последних десятилетий. В классической агроклиматологии широко используются такие показатели как сумма активных температур воздуха и продолжительность вегетационного периода [4], а также ГТК (гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова) [5].

Методы и данные. Исследование региональных изменений агроклиматических условий с помощью специальных индексов выполнено для территории Ярославской области, а также соседних областей (Костромской, Вологодской и Тверской). Для расчёта использованы данные 8 метеорологических станций сети наблюдений Росгидромета, находящиеся в свободном доступе на сайте ВНИИГМИ-МЦД [6]. Данные по этим станциям включают средние суточные, средние месячные и годовые значения температуры воздуха и сумм атмосферных осадков. Для оценки влияния глобального потепления было проведено сравнение агроклиматических показателей за два временных интервала. В качестве базового периода был принят 1961-1990 гг., и сравнение оценок агроклиматического потенциала за период 1991-2020 гг. с базовым периодом позволило выявить климатообусловленные изменения агресурсов территории.

Для оценки агроклиматических условий широко используются два показателя – продолжительность вегетационного периода и суммы активных температур воздуха, поскольку они определяют теплообеспеченность растений, которая в северных районах зоны земледелия является важным лимитирующим фактором. Границы вегетационного периода определяются датами перехода средней суточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ или $+10^{\circ}\text{C}$ весной и осенью. Продолжительность вегетационного периода была рассчитана, как среднее многолетнее количество суток с температурой воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$ и выше $+10^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур воздуха рассчитана суммированием средних суточных величин температуры воздуха больше 10°C .

Другим важным лимитирующим фактором развития растений и климата почв является увлажнение территории, которое в основном определяется количеством выпадающих осадков. Поэтому наиболее востребованными индексами в агроклиматологии являются комплексные показатели, представляющие собой комбинацию температуры воздуха и атмосферных

осадков, как, например, гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) [5]. ГТК рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ГТК} = \frac{P_{T>10^{\circ}\text{C}}}{0,1\Sigma T>10^{\circ}\text{C}},$$

где $P_{T>10^{\circ}\text{C}}$ — количество осадков, выпавших за период с температурой воздуха выше 10°C , мм; $\Sigma T > 10^{\circ}\text{C}$ — сумма температур воздуха выше 10°C .

Для исследования изменения агроклиматических условий в регионе рассчитаны оценки линейных трендов методом наименьших квадратов и аномалии каждого показателя относительно нормы [7].

Для оценки изменений агроресурсов территории на перспективу использован ансамблевый подход, который основан на данных 17 моделей теории климата (МОЦАО), участвовавших в международном проекте сравнения моделей (СМIP6), и показавшие наилучшее воспроизведение современного климата для исследуемой территории [8]. На основе прогнозных оценок изменения температуры воздуха и атмосферных осадков по ансамблю моделей были рассчитаны агроклиматические показатели на середину текущего столетия 2041-2060 гг. и их изменения относительно базового периода 1961-1990 гг.

Результаты и обсуждение. Расчеты показали, что на исследуемой территории отмечается увеличение длины вегетационного периода на 6-7 суток. Причем, станции на севере района (Бабаево, Череповец, Вологда) с наименьшей продолжительностью периода вегетации показали наибольшее увеличение периода, как, например и Кострома. С увеличением продолжительности периода вегетации связан рост сумм температуры воздуха больше 10°C , которые значительно изменяются по территории (300°C) от наименьшего значения $1700-1780^{\circ}\text{C}$ (Бабаево) до 2070°C (Старая Русса) за период 1961-1990 гг. Рост суммы температур воздуха больше 10°C отмечается для всех станций за последние три десятилетия и составляет в среднем 200°C . Кроме того, тенденция суммы температуры больше 10°C изменилась с незначимого положительного тренда $5^{\circ}/10$ лет в период 1961–1990 гг., на значимый тренд $100^{\circ}\text{C}/10$ лет в последний период для ряда станций (Максатиха, Вологда).

Район исследования характеризуется как влажный и избыточно влажный со средними многолетними значениями ГТК от 1,30 до 1,65 [4]. Согласно нашим расчетам, значение ГТК изменяется от 1,43 (Кострома, Ростов) до 1,69 (Тихвин, Максатиха) за 1961-1990 гг. и средний для территории ГТК равен 1,56.

Анализ изменения ГТК для двух тридцатилетних периодов показал, что его значения в последний период в среднем уменьшились на 0,06 относительно периода климатической нормы (Рис. 1), а линейный тренд отрицательный (-0,07), как за весь период 1961-2020 гг., так и в последние три десятилетия.

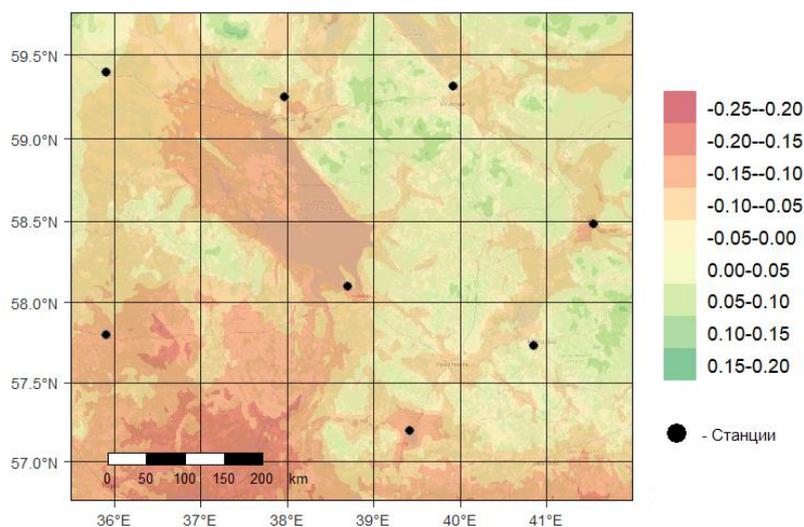


Рис. 1. Изменение средних многолетних значений ГТК Селянинова за 1991-2020 гг. относительно 1961-1990 гг.

Прогноз агроклиматических индексов на середину столетия на основе ансамблевого подхода построен как пространственно-временные распределения для периода 2041-2060 гг. и их изменения относительно базового периода «климатической нормы» 1961-1990 гг. Согласно расчетам предполагается рост суммы температур воздуха больше 10°C на $400\text{-}500^{\circ}\text{C}$, что более чем в два раза превосходит увеличение активных температур за последние три десятилетия. Продолжительность периода вегетации увеличится на 15-20 суток.

Неоднозначные результаты получены при оценке изменения ГТК на перспективу. Пространственное распределение имеет выраженные региональные особенности, плохо согласующиеся с классическим агроклиматическим районированием исследуемого района [9]. Изменения ГТК на середину столетия незначительны, от -0,1 до +0,1. Для прояснения особенностей прогнозных оценок ГТК были дополнительно проанализированы изменения количества осадков за период с температурой больше 10°C . Так, на севере территории (Бабаево, Вологда, Череповец, Буй) сумма атмосферных осадков увеличивается на 75-100 мм за летний период, тогда как на юге региона - только на 25-50 мм. Такое неравномерное увеличение осадков на фоне роста температуры воздуха в течение вегетационного периода объясняет особенности прогноза ГТК.

Заключение. Исследуемая территория относится к зоне достаточного и избыточного увлажнения, и ГТК, как комплексный показатель подтверждает главенствующую роль увеличения температуры воздуха в последние десятилетия, что привело к росту значений суммы активных температур воздуха и продолжительности вегетационного периода. Таким образом, увлажненность уменьшается, что является положительным фактором для агроклиматических условий данной территории.

Прогноз агроклиматических условий на середину столетия свидетельствует о прогрессе потепления и увеличении ресурсов тепла. Однако, неоднозначность прогноза атмосферных осадков пока не позволяет надеяться на достаточную точность оценок ГТК.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ №19-29-05243.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. Москва, 2021. 104 с.
2. Борзенкова И.И. Изменение климата в кайнозойе. С.-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. 246 с.
3. Ранькова Э.Я., Груза Г.В. Индикаторы изменения климата России. //Метеорология и гидрология. 1998. № 1. С. 5-17.
4. Грингоф И.Г., А.Д. Клещенко. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том I. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. 808 с.
5. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по с.-х. метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 169-178.
6. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. «Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (ТТТР)». [Электронный ресурс] URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных>
7. Поляк И.И. Оценивание линейного тренда временных метеорологических рядов // Труды ГГО, 1975. Вып. 364. С. 51-55.
8. Данные по результатам моделирования моделей общей циркуляции атмосферы и океана, входящих в CMIP6, WCRP. [Электронный ресурс] URL: <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip6> (дата обращения 03.07.2022).
9. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. М.: Колос, 1967. 336 с.

S u m m a r y.

The article is devoted to the study of regional changes in agro-climatic conditions against the background of global warming. Updated indicators used in classical agro-climatology, such as: the sum of active air temperatures, the duration of the growing season, the hydrothermal coefficient according to G.T. Selyaninov (HTC). A comparison of the index values for the two periods 1991-2020 and 1961-1990 revealed the dominant role of an increase in thermal resources with a slight change in precipitation, which determined the tendency to a slight increase in aridity. Based on the multimodal ensemble, a forecast of changes in agro-climatic indicators for the middle of the century was obtained.

ИНТЕНСИВНОСТЬ АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕРОДА В ГЕНЕЗИСЕ РАЗНЫХ ТИПОВ ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ БОЛОТ НА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

О.А. Леонова, Е.М. Волкова

Тулский государственный университет, ya.oly2012@yandex.ru

THE INTENSITY OF ACCUMULATION OF CARBON IN THE GENESIS OF DIFFERENT TYPES OF WATERSHED MIRES ON THE MIDDLE- RUSSIAN UPLAND

O.A. Leonova, E.M. Volkova

Tula State University, ya.oly2012@yandex.ru

Аннотация.

В статье рассматривается интенсивность аккумуляции углерода в генезисе водораздельных болот, сформированных на разных подстилающих породах Среднерусской возвышенности. Приведены сведения о запасах углерода в торфяных залежах разного ботанического состава, обсуждаются факторы, влияющие на интенсивность депонирования углерода.

Ключевые слова: болота, генезис, аккумуляция углерода, Среднерусская возвышенность

Болота являются экосистемами, которые выполняют множество важных биосферных функций. Одной из них является поддержание газового состава атмосферы. При этом, болота являются не только источником кислорода, но и депонируют углекислый газ, аккумулируя углерод в торфе [1-5]. Накопление углерода в торфяных залежах определяется интенсивностью торфообразовательного процесса, который зависит от продуктивности болотных фитоценозов с одной стороны, а также от активности микроорганизмов, участвующих в разложении отмерших растительных остатков, с другой, что зависит от гидрологического режима болот [6]. Исходя из соотношения указанных процессов, болота являются одним из основных «стоков» углерода [7-11]. Несмотря на многочисленные исследования, для болот, расположенных в зоне широколиственных лесов и лесостепи, подобные сведения крайне редки [12], что определяет актуальность проводимых работ.

Объектом данного исследования явились водораздельные болота Клюква и Источек (Тулская область), образованные в карстово-суффозионных понижениях на разных подстилающих породах. Олиготрофное болото Клюква сформировано на склоне водораздела по правому берегу реки Ока и подстилается зандровыми песками [13]. По данным радиоуглеродного датирования, болото начало формироваться более 9300 лет назад и является наиболее древним водораздельным болотом на Среднерусской возвышенности [14]. Питание болота осуществляется слабоминерализованными грунтовыми

водами и атмосферными осадками, что обеспечивает формированию олиготрофной растительности (рН 2,8–2,9; минерализация 42 мг/л) [15]. Формирование бедных растительных сообществ способствует образованию разных типов торфов (верховые и переходные) в залежи мощностью 250 см.

Болото Источек располагается на вершине водораздела в центральной части области и подстилается делювиальными суглинками. Питание болота минерализованными грунтовыми и поверхностными водами (рН 4,5; минерализация 173 мг/л) [15, 16] обеспечило формирование эвтрофной растительности. Торфяная залежь представлена низинными торфами (R=20-45%) мощностью 450 см. Образование болота началось более 6000 лет назад.

Как видно, особенности геологического строения и специфика гидрологического режима территории являются причиной разных направлений генезиса водораздельных карстово-суффозионных болот, что проявляется не только в характере современной растительности и строении торфяных отложений, но в разной интенсивности торфообразовательного процесса и скорости аккумуляции углерода. Результаты радиоуглеродного датирования показали, что скорость прироста торфа на болоте Клюква варьировала от 0,16 до 0,9 мм/год, а на болоте Источек – 0,4-1,9 мм/год [17-18].

Для оценки роли водораздельных болот в депонировании углерода определяли содержание углерода (%) в органическом веществе торфа по профилю залежей [19] Результаты показали, что содержание углерода в образцах торфа болота Клюква изменяется от 41 до 57%. При этом, для верховых торфов характерны наиболее низкие значения (41-43%), что обусловлено высокой долей сфагновых мхов, которым свойственна низкая степень разложения и зольность (5-7%). В переходных торфах содержание углерода увеличивается до 57%, особенно – в торфах с высокой долей древесных пород. Содержание углерода в торфяной залежи болота Источек ниже и варьирует от 14 до 47%. При этом, минимальные значения характерны для придонных слоев гипнового торфа – 14%.

Расчет запасов углерода в образцах торфа для болота Клюква составил, в среднем, 13 кгС/м². Наиболее высокие значения характерны для сфагнового и древесно-сфагнового переходных торфов – 52-54 кгС/м², образовавшихся в суббореальный период. При этом, скорость аккумуляции углерода в генезисе болота варьировала от 12 до 219 г/м²/год. Общий запас углерода в торфяной залежи составил 324,4 кг/ м².

Для болота Источек средние значения запасов углерода по профилю залежи отличаются несущественно – 11,2 кгС/м². Максимальные показатели характерны для травяно-сфагновых и древесно-сфагновых торфов, образовавшихся в суббореальный и субатлантические периоды голоцена и составляют 33-38 кгС/м². Скорость аккумуляции углерода в генезисе болота менялась от 16 г/м²/год до 291 г/м²/год. В целом, общий запас углерода в торфяной залежи болота Источек составляет 454,2 кг/м².

Таким образом, геолого-гидрологические особенности развития водораздельных болот обуславливают отличия в интенсивности накопления и запасах углерода в торфяных залежах. Наиболее активно депонирование углерода протекает в бедных условиях водно-минерального питания, обеспечивающих формирование переходных и верховых торфов на олиготрофном болоте Клюква. Гидролого-гидрохимический режим болота Источек, характеризующийся не только более высокой минерализацией питающих вод, но и изменчивым уровнем залегания болотных вод (аэрация), способствовал активной трансформации отмерших растительных остатков, что снизило интенсивность аккумуляции углерода. Сравнение данных по запасам углерода на единице площади показало, что результаты по болоту Источек выше, но это обусловлено разной глубиной карстовой депрессии. Тем не менее, несмотря на небольшие площади, как олиготрофные, так и эвтрофные водораздельные карстово-суффозионные болота являются «депо» углерода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев С. В. Скорость торфонакопления в Западной Сибири // Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. – С. 56–59.
2. Головацкая Е.А. Моделирование углеродного баланса болотных экосистем южной тайги при различных сценариях изменения климата. Томск, 2007. 26 с.
3. Волкова Е.М., Ольчев А.В., Каратаева Т.А., Новенко Е.Ю. Оценка вклада растительных сообществ водораздельных карстово-суффозионных болот в СО₂-обмен // Современная ботаника в России. Труды XIII Съезда Русского ботанического общества и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна» (Тольятти 16-22 сентября 2013 г.). Т.2: Систематика и география сосудистых растений. Сравнительная флористика. Геоботаника. Тольятти, Кассандра, 2013. С. 181-182.
4. Бабилов Б.В., Кобак К.И. Поглощение атмосферного углекислого газа болотными экосистемами территории России в голоцене. Проблемы заболачивания // Лесной журнал. 2016. №1. С. 9-36.
5. Ефремова Т.Т., Аврова А.Ф., Ефремов С.П. Расчетный метод определения углерода в торфах и моховых подстилках лесных болот по зольности растительного субстрата // Сибирский лесной журнал. 2016. №6. С. 73-83.

6. Дементьева Т.В. Физикохимия и биология торфа. Руководство по методам изучения трансформации органического вещества торфов: методическое пособие / Т.В. Дементьева, О.Ю. Богданова, Н.А. Шинкеева. – Томск: Томский ЦНТИ. 2011. 68 с.
7. Bridgman S. D., Megonigal J. P., Keller J. K., Bliss N. B. and Trettin C. The carbon balance of North American wetlands // *Wetlands*. – 2006. – Vol. 26 (4). – pp. 889–916.
8. Charman D. J., Barber K. E., Blaauw M., Langdon P. G., Mauquoy D., Daley T. J., Hughes P. D. M. and Karofeld E. Climate drivers for peatland palaeoclimate records // *Quaternary Science Reviews*. – 2009. – Vol. 28. – pp. 1811–1818.
9. IPCC. Summary for policymakers Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge: Cambridge University Press). – 2013. – p. 33.
10. Ratcliffe J., Payne R. J. Palaeoecological studies as a source of peat depth data: A discussion and data compilation for Scotland // *Mires and Peat* vol. 18(13). 2016. pp. 1–7.
11. Zhang H., Gallego-Sala A. V., Amesbury M. J., Charman D. J., Piilo S. R., Väiliranta M. M. Inconsistent Response of Arctic Permafrost Peatland Carbon Accumulation to Warm Climate Phases // *Global Biogeochemical Cycles*. 2018. Vol. 32. pp. 1605–1620.
12. Волкова Е.М., Ольчев А.В., Каратаева Т.А., Новенко Е.Ю. Оценка вклада растительных сообществ водораздельных карстово-суффузионных болот в CO₂-обмен // *Современная ботаника в России. Труды XIII Съезда Русского ботанического общества и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна» (Тольятти 16-22 сентября 2013 г.)*. Т.2: Систематика и география сосудистых растений. Сравнительная флористика. Геоботаника. Тольятти, Кассандра, 2013. С. 181-182.
13. Волкова Е. М. Пойменные болота северо-востока Среднерусской возвышенности // *Ботанический журнал*. – 2011. – Т. 96, № 4. – С. 503–514.
14. Волкова Е. М., Новенко Е. Ю., Юрковская Т. К. Возраст болот Среднерусской возвышенности // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. – 2020. – № 84 (4). – С. 551–561.
15. Волкова Е. М., Акатова Е. В., Бойкова О. И., Хлытин Н. В. Химические и микробиологические аспекты торфообразовательного процесса на карстовых болотах Тульской области // *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*. – 2019. – № 2. – С. 3–15.
16. Зацаринная Д.В. Экологические особенности и растительность карстовых болот зоны широколиственных лесов (на примере Тульской области). Диссерт. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Москва, 2015. 173 с.
17. Novenko E., Tsyganov A., Volkova E., Babeshko K., Lavrentiev N., Payne R. and Mazei Yu. The Holocene palaeoenvironmental history of Central European Russia reconstructed from pollen, plant macrofossil and testate amoeba analyses of the Klukva peatland, Tula region. // *Quaternary Research*. – 2015. – Vol. 83. – pp. 459–468.
19. Новенко Е.Ю., Цыганов А.Н., Волкова Е.М., Бабешко К.В., Мазей Ю.А. Динамика ландшафтов и климата на северо-западе Среднерусской возвышенности в голоцене // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. 2014. No 6. С. 24-31.
20. Sheng Y., Smith L. C., MacDonald G. M., Kremenetski K. V., Frey K. E., Velichko A. A., Lee M., Beilman D. W., Dubinin P. A high-resolution GIS-based inventory of the West Siberian peat carbon pool // *Global Biogeochemical Cycles*. 2004. Vol. 18(3). pp. 1-14. DOI: 10.1029/2003GB002190

Summary.

The article considers the intensity of carbon accumulation during the genesis of the watershed mires which were formed on different underlying rocks of the Middle-Russian Upland. Data on carbon reserves in peat deposits of different botanical composition, factors affecting the intensity of carbon deposition are discussed.

ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ МОРДОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Н. Г. Мазей¹, К.А. Бородина¹, Д.А. Куприянов¹, Р.Р. Бичурин^{1,2},
Е.Ю. Новенко^{1,2}

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, natashamazei@mail.ru

²Институт географии РАН, г. Москва, lenanov@mail.ru

VEGETATION HISTORY OF THE MORDOVIAN RESERVE IN THE MIDDLE AND LATE HOLOCENE

N.G. Mazei¹, K.A. Borodina¹, D.A. Kupriyanov¹, R.R. Bichurin^{1,2}, E.Yu. Novenko^{1,2},

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

²*Institute of Geography RAS, Moscow*

Аннотация.

Ретроспективный анализ изменений растительности в голоцене на территории Мордовского природного заповедника выполнен на основе палинологических данных из отложений трех болотных комплексов, расположенных в различных ландшафтных условиях. Показано, что на формирование растительного покрова территории заповедника в голоцене оказывали влияние климатический фактор и изменения пожарных режимов. Выявлены внутриландшафтные закономерности истории растительности в среднем и позднем голоцене. Установлено, что в урочищах с мощным покровом водноледниковых песчаных отложений смены растительного покрова происходили на 1300 лет позже, чем в урочищах с близким залеганием моренных отложений.

Ключевые слова: Мордовский государственный природный заповедник им. П.Г. Смиридовича, растительность, голоцен, спорово-пыльцевые спектры, лесные пожары.

Изучение истории растительности и роли лесных пожаров в динамике наземных экосистем – одно из актуальных направлений палеоэкологических исследований. Большой интерес в изучении палеоландшафтов центра Восточно-Европейской равнины представляет территория Мордовского государственного природного заповедника им П.Г. Смиридовича, так как он располагается на стыке границ двух природных зон: лесной и лесостепной [1]. Формирование современной структуры ландшафтов территории заповедника происходило четвертичный период. Район исследований расположен в области распространения донского оледенения. Мощные водноледниковые потоки московского возраста способствовали отложению песчаного материала и размыву донской морены. В результате на большей части территории заповедника сформировалась сложная двучленная литогенная основа, представленная моренными суглинками, перекрытыми флювиогляциальными песками разной мощности [2]. Пестрота субстрата и разнообразие эдафических условий определило высокую пространственную неоднородность растительного покрова.

Изучение истории растительности на территории Мордовского заповедника основано на палинологическом анализе отложений из трех

болотных комплексов, расположенных в различных ландшафтных условиях: (1) урочище моренно-водноледниковых слабовыпуклых равнин, сложенных водноледниковыми песками с близким залеганием моренных отложений (0.5 м) с дерново-подзолами и дерново-подбурами под сосново-еловыми лесами с липой и дубом во 2-м ярусе (ключевой участок болото Кордон Стекланный); (2) урочище моренно-водноледниковых равнин с глубоким (более 2-х м) залеганием моренных отложений с подзолами и дерново-подзолами под редкостойными сосняками беломошно-зеленомошными (ключевой участок болото Клюквенное) и (3) урочище 2-й надпойменной террасы реки Мокши, сложенной древнеаллювиальными песками с дерново-подзолами и подзолами глееватыми под сосновыми с елью зеленомошными лесами с липой и дубом во втором ярусе (ключевой участок болото Долгий Мост). Материалы по болоту Клюквенное были ранее опубликованы [3], результаты изучения болот Долгий Мост и Кордон Стекланный представлены впервые.

Отбор кернов и отбор образцов на спорово-пыльцевой анализ и радиоуглеродное датирование был выполнен в ходе полевых работ в 2013 и 2015 гг. Обработка проб для спорово-пыльцевого анализа выполнена по методике, Муром с соавторами [4]. Помимо пыльцы при анализе учитывались микрочастицы угля.

Определение абсолютного возраста образцов проводилось в Лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН (Москва). Калибрование радиоуглеродных дат было проведено в программе Calib 8 с калибровочной кривой Incal 20. Для построения моделей роста отложений использована программа Clam.

При бурении торфяных залежей болот в каждой торфяной колонке зафиксирована глубина и толщина всех пожарных слоев. Используя модель вертикального прироста торфа, рассчитанную на основе радиоуглеродных датировок, определен возраст каждого пожарного слоя. Принято допущение, что каждый угольный прослой соответствует одному крупному пожару, а отрезок времени между формированием соседних угольных прослоев представляет межпожарный интервал.

Сопоставление трех спорово-пыльцевых диаграмм и результатов изучения угольных прослоев в торфе (рис. 1), позволило реконструировать историю растительности заповедника в среднем и позднем голоцене, начиная с 8300 кал. л.н. (календарных лет назад), и выделить 4 основных этапа эволюции лесных геосистем.

1. Этап березовых и сосновых лесов с открытыми местообитаниями и лугами, частые пожары 8300-6800 (5300) кал. л.н. Согласно полученным данным в этот период на территории Мордовского заповедника были распространены березово-сосновые и сосновые леса, очевидно, унаследованные от растительности раннего голоцена. На территориях, прилегающих к болотам Кордон Стеклянный и Долгий Мост такие леса сохранялись до ~6800 кал. л.н., а в местообитаниях с мощным чехлом песчаных отложений (Клюквенное) они существовали до ~5300 – 5500 кал. л.н. Результаты анализа микрочастиц угля в торфе и угольных прослоев в торфяных залежах указывает на частые пожары (рис. 1).

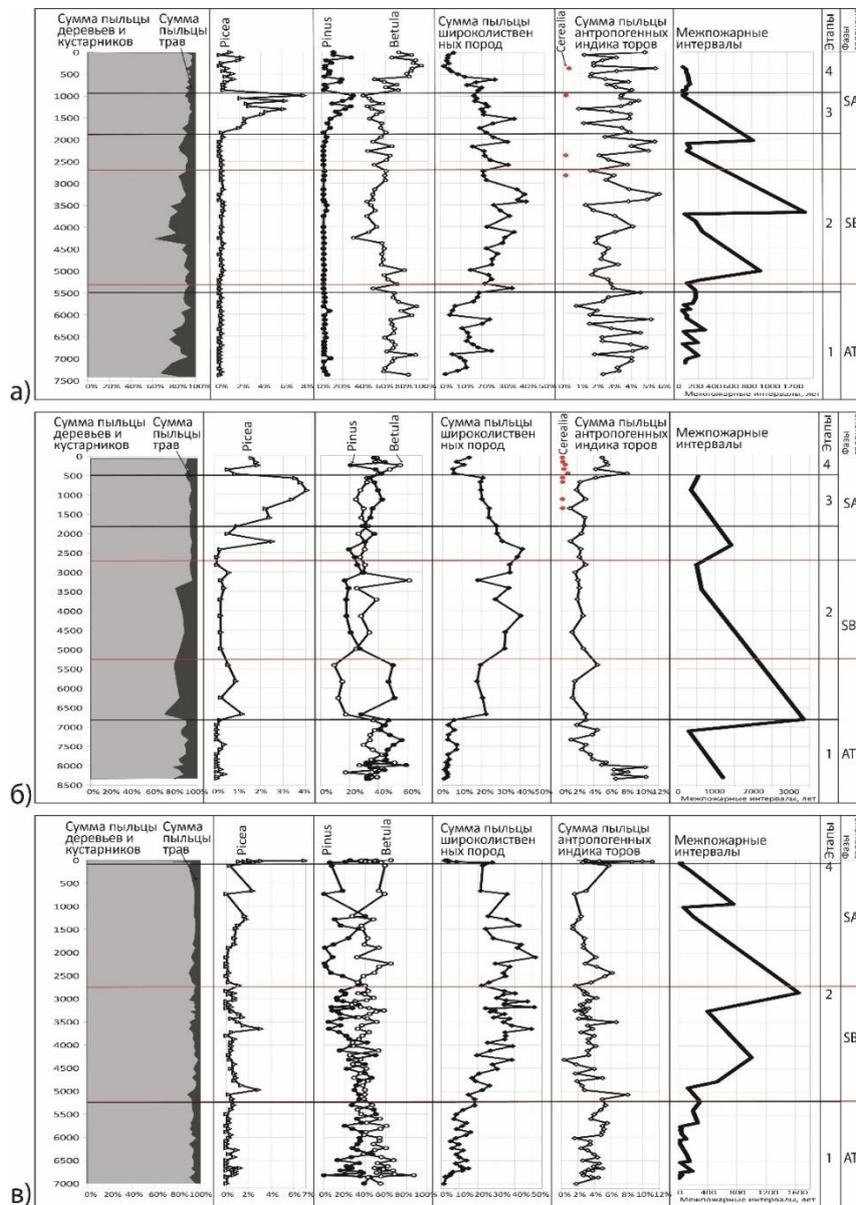


Рис. 1. Основные пыльцевые таксоны спорово-пыльцевых спектров и межпожарные интервалы, реконструированные по данным торфяных отложений из болот Кордон Стеклянный (а), Долгий мост (б) и Клюквенное (в).

2. *Этап широколиственных лесов, 6800 (5500) – 1800 кал. л.н.* Начиная с 6800 кал. л.н. в урочищах моренно-водноледниковых слабовыпуклых равнин с маломощным чехлом песчаных отложений (Кордон Стеклянный) и 2-й надпойменной террасы р. Мокши, сложенной аллювиальными песками (Долгий Мост), начали расселяться широколиственные леса, вытесняя сосну и березу. В урочищах моренно-водноледниковых плоских равнин с мощным чехлом песчаных отложений (Клюквенное) формирование широколиственных лесов началось почти на 1200 лет позднее. Климатические реконструкции для второй половины голоцена указывают на похолодание и увлажнение климата, начиная с 5700 кал. л.н. [5], что, возможно, послужило причиной уменьшения пожарной активности на территории заповедника (межпожарный интервал составлял в среднем 1000-1400 лет) и способствовало расширению площади лесов из дуба, липы и вяза.

3. *Этап хвойно-широколиственных лесов, появление ели, 1800 – 800 (500) кал. л.н.* Пыльца ели в малом количестве отмечена на протяжении всего голоцена, однако участие ее в спектрах было незначительным. Подъем кривой пыльцы ели зафиксирован около 1800 кал. л.н. В спорово-пыльцевых спектрах болота Кордон Стеклянный доля ели составляет 8% и в спектрах болота Долгий Мост – 4%. Учитывая низкую пыльцевую продуктивность ели на границе ареала, и ее недопредставленность в поверхностных пробах по сравнению с обилием в древостоях, можно сделать вывод о существенном участии ели в растительных сообществах в этот период и формировании хвойно-широколиственных лесов с участием сосны, ели, дуба, липы и вяза. На ключевом участке Кордон Стеклянный елово-широколиственные леса были распространены до 900 кал. л.н, а на участке Долгий Мост они сохранялись в растительном покрове до 500 кал. л.н. В пыльцевых спектрах болота Клюквенное пик ели отсутствует, что вероятно связано с неблагоприятными местообитаниями для нее на мощных песчаных отложениях. В спектрах из этих местообитаний в данный период возрастает количество пыльцы сосны.

4. *Этап березовых и сосновых лесов, современный растительный покров.* Антропогенное воздействие на лесные геосистемы и возобновившиеся частые пожары привели к сокращению доли широколиственных пород на территории заповедника и формированию вторичных древостоев. Спорово-пыльцевые спектры отражают современный растительный покров на ключевых участках –

березовые и сосновые леса с примесью ели и широколиственными породами во втором ярусе. В спектрах болот присутствует пыльца антропогенных индикаторов и культурных злаков, с наибольшим процентным содержанием в образцах болота Клюквенное (11%).

Полученные данные показали, что на формирование растительного покрова территории заповедника в голоцене оказывали влияние климатический фактор и изменения пожарных режимов. Возможно, высокая частота пожаров способствовала длительному сохранению в растительном покрове лесов из сосны и березы в среднем голоцене. Проведенное исследование выявило внутриландшафтные закономерности истории растительности. В урочищах с мощным покровом водноледниковых песчаных отложений смены растительного покрова происходили на 1300 лет позже, чем в урочищах с близким залеганием моренных отложений.

Исследования выполнены при поддержке проекта РФФИ № 20-05-20234.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. М.: Высшая школа, 1986. 376 с.
2. Успенская А.А. Изучение почвенных условий развития лесной растительности и выявление связи между почвенным покровом и растительностью // Труды МГПЗ. 2016. Вып.16. С. 53-108.
3. Novenko E., Tsyganov A., Payne R., Mazei N., Volkova E., Chernyshov V., Kupriyanov D., Mazei Yu. Vegetation dynamics and fire history at the southern boundary of the forest vegetation zone in European Russia during the middle and late Holocene // *Holocene*. 2018. Vol. 28(2). P. 308-322.
4. Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. *Pollen Analysis*. Oxford: Blackwell, 1991.
5. 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.

Summary.

A retrospective analysis of the Holocene vegetation changes in the Mordovian Nature Reserve was carried out using palynological data from three peatlands located in different landscape positions. The obtained results show that the long-term vegetation dynamics were influenced by climatic fluctuation and wildfires. The spatial patterns of vegetation history in the Middle and Late Holocene were revealed. It was found that vegetation changes in localities with thick fluvio-glacial sand layers occurred 1300 years later than in localities there glacial till is lying close to the surface.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ В ГОЛОЦЕНЕ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

А.Б. Михайлова¹, А.В. Гренадерова¹

¹ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, arodionova@sfu-kras.ru

THE HOLOCENE NATURAL CONDITIONS RECONSTRUCTION OF THE KANSK FOREST-STEPPE (KRASNOYARSK TERRITORY)

A.B. Mikhailova¹, A.V. Grenaderova¹

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, arodionova@sfu-kras.ru

Аннотация.

Для понимания развития природных ландшафтов Канской лесостепной зоны в голоцене актуальными являются исследования болотных ландшафтов при помощи комплексного подхода, включающего ботанический и спорово-пыльцевой анализы торфа, определение степени разложения, гранулометрического состава подстилающих торф минеральных отложений. Объектом данного исследования явились болота в бассейне рек Есауловка, Рыбная, Кан. По результатам исследования был выявлен отклик на региональные события: голоценовый термальное максимум (8150-7400 кал.л.н.), ксеротермический максимум (3800-3200 кал.л.н.), средневековый теплый период (1300 – 650 кал.л.н.), малый ледниковый период 450 и 200 кал.л.н. с влажными и прохладным условиям.

Ключевые слова: голоцен, болото, микро- и макроугольки, ботанический анализ торфа, спорово-пыльцевой анализ.

Болота являются важными природными архивами для реконструкции климата голоцена, использование комплекса методов для анализа торфяных толщ обеспечивает надежные палеоклиматические данные [7]. Сравнение полученных палеосигналов с другими палеоархивами региона, выявление синхронных событий позволят определять региональные палеоклиматические закономерности. Неоднородность данных по региону может быть связана с влиянием локальных условий (например, вариации местных топографических и гидрологических условий, пожары, деятельность человека) [10].

Данное исследование посвящено изучению палеоэкологических условий голоцена на территории Канской лесостепной зоны, на правобережье р. Енисей, для которого реконструкции растительности и климата проводились ранее в основном для таёжной зоны [6,9].

Объектом данного исследования явились болота в бассейне рек Есауловка, Рыбная, Кан. При проведении исследования применялся комплексный анализ отложений, включающий спорово-пыльцевой [12], ботанический анализ торфа [2,4] и анализ непыльцевых палиноморф, анализ условий увлажнения при помощи шкалы Л. Г. Раменского [5]. По методикам ГОСТ была определена зольность [1], степень разложения торфа (на основе процента светопропускания) определялась фотометрическим методом [8]. Минеральные

отложения выборочно были изучены методом определения гранулометрического состава по Качинскому [3], определена их морфология и минеральный состав. Анализ микро и макроугольков выполнен по методике [11].

Для начальной фазы болотообразования (6000-4500 кал.л.н.) были характерны лесо-топяные сообщества с доминированием в древесном ярусе березы и ели. С 4500 до 1500 кал.л.н. повсеместно происходит распространение топяных сообществ, для периода 1500-500 кал.л.н. характерно восстановление древесного яруса, что указывает на общее уменьшение увлажнения, в последние 500 лет преобладают топяные сообщества с развитым моховым ярусом.

Развитие болотных массивов проходило преимущественно при болотном и болотно-луговом увлажнении (по шкале Л.Г. Раменского). Наименьшая степень увлажнения характерна для интервалов 6600-6400, 3300-3000, 1400-1300 и 500-400 кал.л.н.– 78-88 ступени (сыро-луговое увлажнение), максимум отмечен в периоды 5400-5000, 1800-1700, 800-500 кал.л.н.– 96-98 ступень (болотное увлажнение).

На основании проведенного микро и макроуголькового анализа были выявлены следующие эпизоды с наибольшим количеством пожарных событий: 6000-5800, 5000-5100, 4200, 3800-3200, 1400-1000, 500-200 кал. л.н.

По данным комплексного анализа исследуемых болотных отложений выделены: гидротермический максимум с 8150 по 7400 кал.л.н. (увеличение количества пыльцы пихты, раковины гидрофильных моллюсков; сухой период с 7400 по 5250 кал.л.н. (пик березы, сосны, микро и макроугольков и *Gelasinospora*, снижение доли хвойных); повышение увлажнения 5250-3800 кал.л.н. (преобладание топяных сообществ, минеральные прослойки, рост доли темнохвойных в составе спорово-пыльцевых спектров); ксеротемический этап 3800-3200 кал.л.н. (пик макроугольков, наименьшая степень увлажнения по шкале Раменского); 3200-1500 кал.л.н.- умеренно влажные условия; период обсыхания болот с 1500 до 1300 кал. л.н. (высокая степень разложения торфа, низкие значения увлажнения); средневековое потепление 1300 – 650 кал. л.н. (увеличение увлажнения поверхности болота); интервале 600–450 кал. л.н. отмечается пик угольков в сочетании с повышенным разложением торфа; малый ледниковый период с 450 по 300 кал. л.н. более влажные и прохладные

условия (увеличение ели, высокое содержание угольков). Начиная с 300 кал. л.н. преобладают умеренно влажные условия, с небольшими периода снижения увлажнения.

Участие в «VI Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Динамика экосистем в голоцене» проведено при поддержке Красноярского краевого фонда науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27784-88 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.: М. – 1988 – 7 с.
2. Домбровская, А.В. Атлас растительных остатков, встречающихся в торфе/А.В. Домбровская, М.М. Коренева, С.Н. Тюремнов. – М.: Госэнергоиздат. – 1959 – 137 с.
3. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы и методы его изучения. – Москва. – 1958 – 192 с.
4. Кац, Н.Я. Атлас растительных остатков в торфах / Н.Я. Кац, С.В. Кац, Е.И. Скобеева. – Л.: Недра. –1977. – 371 с.
5. Раменский, Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский. – М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы. – 1956 – С.57-67.
6. Ямских Г. Ю., Карпенко Л. В., Гренадерова А. В. Реконструкция сукцессий растительности и палеогеографического режима болот (на примере торфяника в долине реки Кас) //География и природные ресурсы. 2004. №. 4.С. 128-134.
7. Blundell, A., Barber, K. A 2800-year palaeoclimatic record from Tore Hill Moss, Strathspey, Scotland: the need for a multi-proxy approach to peat-based climate reconstructions// Quaternary Science Reviews. 2005. V. 24. P.1261–1277.
8. Chambers, F. M. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics / F. M. Chambers, D. W. Beilman, Z. Yu // Mires Peat, 2010 - №7, P. 1–10.
9. Karpenko, L. V., Rudaya, N. A. Reconstruction of forest ecosystem Holocene dynamics in the left bank of Kas River (Krasnoyarsk region) // Contemporary Problems of Ecology. 2013. V.6. P. 137–142.
10. Lavoie, M., Pellerin, S. & Larocque, M. Examining the role of allogenuous and autogenous factors in the long-term dynamics of a temperate headwater peatland (southern Quebec, Canada)// Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2013. V. 386. P. 336–348.
11. Mooney S., Tinner W. 2011. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // Mires and Peat. Vol. 7. P. 1–18.
12. Moore, P. D. Pollen analysis / P. D. Moore, J. A. Webb. – Collinson M. E. – Oxford: Blackwell scientific publication. –1991. – 216 p.

S u m m a r y.

It is relevant to study mires using multi-proxy approach, including botanical, spore-pollen analysis of peat, determining the degree of decomposition, and the grain size composition of mineral deposits underlying peat to understand the development of natural landscapes of the Kansk forest-steppe zone in the Holocene. The object of this study was the mires in the Esaulovka, Rybnaya, Kan rivers basin. Based on the results of the study, a response to regional events was revealed: the Holocene Thermal Maximum (8150-7400 cal. BP), the xerothermal maximum (3800-3200 cal. BP) for mires in the basin of the Rybnaya and Kan rivers manifested itself in a series local fire episodes, Medieval Warm Period (1300 - 650 cal. BP), Little Ice Age 450 and 200 cal. BP. with wet and cool conditions.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НИЖНЕХВАЛЫНСКИХ ШОКОЛАДНЫХ ГЛИН НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Р.Э. Мусаэлян¹, М.П. Лебедева¹, Е.Б. Варламов¹

¹ ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, romaniero1@gmail.com

IMPACT ASSESSMENT OF THE LOWER KHVALYNIAN CHOCOLATE CLAYS ON SOIL FORMATION IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE CASPIAN LOWLAND

R.E. Musaelyan¹, M.P. Lebedeva¹, E.B. Varlamov¹

¹ Federal Research Centre "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow

Аннотация.

Изучение вещественного состава современных отложений Прикаспийской низменности дает бесценные данные по палеогеографическому развитию Каспийского бассейна. В исследовании был показан результат минералого-микроморфологического анализа нижнехвалынских отложений и их влияние на генезис каштановых почв обнажений Средняя Ахтуба и Райгород. Каштановые почвы были сформированы при близком подстилании морских шоколадных глин. Показано, что в Ахтубе почвы развивались в автоморфных условиях на лессах с участием материала шоколадных глин, а в Райгороде в условиях смены эолового и флювиального этапов седиментогенеза.

Ключевые слова: каштановая почва, морские отложения, почвообразование, генезис

Шоколадные глины (ШГ) один из ярких представителей позднеплейстоценового осадконакопления, маркирующий долину реки Волги и широко распространенный на территориях Волго-Уральского междуречья. Вещественный состав этих отложений изучался многими авторами и научными коллективами (С.К. Арбузовой [1, 2] и т.д.) и до сих пор остается дискуссионным. Эти отложения были активно вовлечены в процесс почвообразования [3], создав на территории Прикаспийской низменности различные почвенные ареалы. Анализ литературы показал, что работы по оценке влияния ШГ на почвообразование с использованием комплекса методов (минералогического, гранулометрического, микроморфологического и химического составов) единичны [4]. Цель данного исследования - определить влияние нижнехвалынских морских шоколадных глин на минералого-микроморфологические особенности каштановых почв. Дальнейшая эволюционная интерпретация даст ответ на некоторые вопросы почвообразования в Прикаспийской низменности.

Объект исследования. Разрезы Райгород и Средняя Ахтуба расположены на правом берегу реки Волга и левом берегу реки Ахтуба соответственно. Относительно друг друга дневные поверхности разрезов имеют следующие

абсолютные отметки высот: 13,68 м н.у.м. для Райгорода и 14,89 м н.у.м. для Средней Ахтубы. Был проведен анализ вещества каштановых почв и, подстилающих их нижнехвалынских морских шоколадных глин.

Методы исследования. Гранулометрический анализ был проведен двумя методами: в лазерном анализаторе размеров частиц Microtrac Bluewave и методом отмучивания по Горбунову [5]. После чего данные были сопоставлены. В результате были получены 4 фракции: <1мкм, 1-5мкм, 5-10мкм, >10мкм – все они были подвергнуты рентгенофазовому анализу на рентгеновском дифрактометре HZG-4a. Каждая фракция снималась в исходном состоянии. Фракция <1мкм дополнительно сольватировалась этиленгликолем и прокаливалась при 550 °С. Минеральные фазы во фракции <1мкм были рассчитаны по методу Бискайя [6]. Микроморфологические исследования проводились на поляризационном микроскопе Olympus BX51 с цифровой фотокамерой Olympus DP26. Задействованное оборудование входит в ЦКП ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»

Результаты. Анализ 42 образцов из толщи шоколадных глин двух разрезов были структурированы по гранулометрическому признаку на 7 гранулометрических литотипов по преобладающим фракциям: Га1 (глина алевритистая), Га2 (глина алевритовая), КСА (крупно-среднезернистый алеврит), КСАтп (крупно-среднезернистый алеврит с песчаной примесью), ТПкса (тонкопесчаный материал с крупно-среднезернистым алевритом), АГ (алеvрит с прослоями глины) и ГА (глина с прослоями алеврита). Это деление ШГ важно для минералогической и микроморфологической диагностики и сравнения разных прослоев как внутри разреза, так и относительно друг друга. Минералогический анализ фракции <1мкм показал, что в наиболее глинистых литотипах (Га1, Га2) обоих обнажений триоктаэдрический иллит преобладает над смектитом. В алевритовых прослоях (КСА, КСАтп, ТПкса) ситуация обратная – смектитовая фаза доминирует над диоктаэдрическим иллитом. Набухающий компонент разреза Средняя Ахтуба представлен высокозарядным байделитом, а в отложениях разреза Райгород, в свою очередь, высокозарядным монтмориллонитом. Важно отметить различное соотношение глинистых минералов в литотипах. В глинистых соотношение слюдистых минералов на 10-20% выше, чем лабильных. В алевритовых литотипах обратная ситуация –

соотношение набухающих минералов эквивалентно или на 5-10% выше, чем слюдистых.

Минералогический состав 17 образцов каштановой почвы обоих разрезов был проанализирован по генетическим горизонтам. Почвы разреза Райгород характеризуются минералогически преимущественно как иллитовые. Содержание минералов стабильно по всему разрезу и в среднем составляет 53% для иллита, 36% - лабильных минералов, 7% - каолинит, 4% - хлорит. Разрез Средняя Ахтуба имеет противоположную тенденцию. Для него характерно преобладание смектитового компонента. Количественно это составляет 27% - иллит, 51% - лабильные минералы, 16% - каолинит, 6% - хлорит. Особенностью данного профиля является стабильное соотношение минералогического состава до горизонта ВС_{тс}. В нижележащем D_{са} доля лабильного компонента уменьшается, а слюдистой составляющей увеличивается в среднем в 2 раза по сравнению с вышележащими горизонтами.

В ходе микроморфологического анализа была дана детальная характеристика литотипам толщи шоколадных глин (рис. 1).

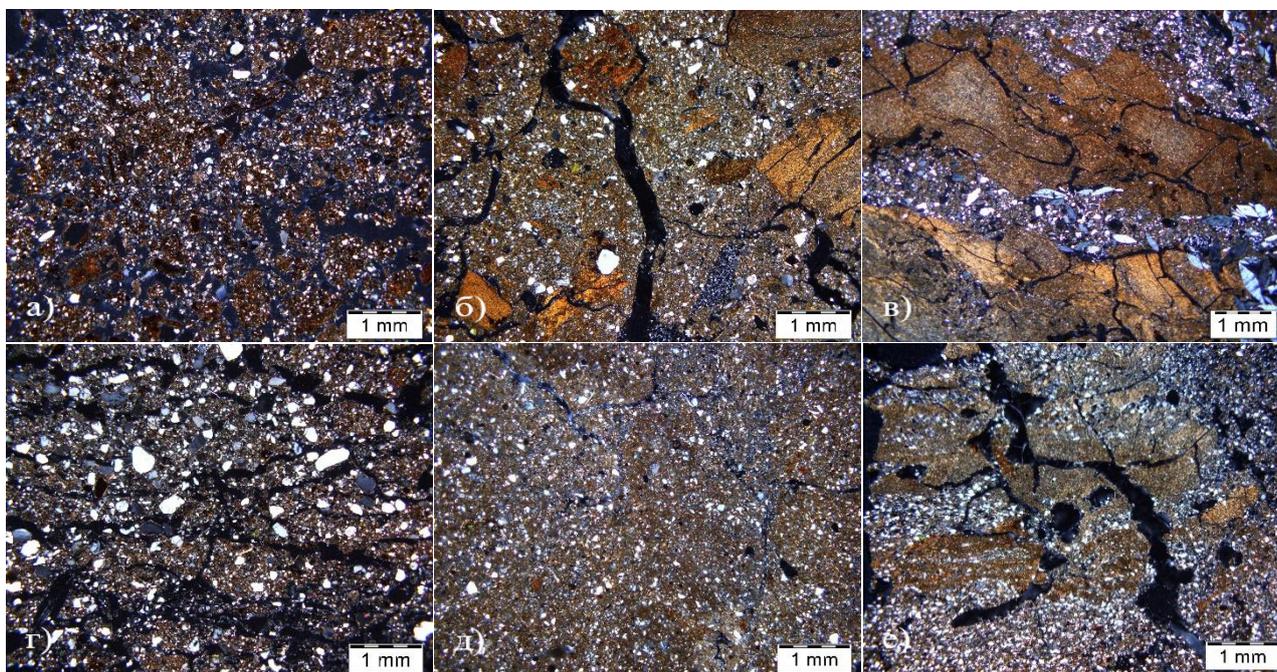


Рис.1. Микроструктуры горизонтов каштановых почв, развитых на нижнехвалынских шоколадных глинах. Разрез Райгород: а) 0-2см, горизонт АJe, б) 59-64см, горизонт ВС_с, в) 110см, горизонт С. Разрез Средняя Ахтуба: г) 2-7см, горизонт АJ, д) 65-75см, горизонт САТ₂, е) 110-130см, горизонт ВС_{тс}.

На микроскопическом уровне одинаковые литотипы ШГ обоих разрезов похожи. Чего не скажешь о каштановых почвах сравниваемых разрезов, где основные различия связаны с разным соотношением разных литотипов в составе внутрипедной массы. Содержание обломков в разрезе Райгород не только выше, чем в Средней Ахтубе, но также качественно имеет другую характеристику. Здесь встречаются глинистые интракласты материала ШГ, имеющего высокую оптическую ориентацию. Подобные включения распространены на протяжении всего профиля. Активная биогенная проработка верхнего горизонта профиля не смогла в полной мере разрушить блоки шоколадных глин. В разрезе Средняя Ахтуба, напротив, глинистые интракласты имеют окатанную форму, а их количество в разы меньше. Здесь преобладает алевро-песчаный материал, который хаотично расположен в трещинах и внутри блоков структурных отдельностей.

В толще шоколадных глин обоих разрезов разница в вещественном составе видна только на структурном уровне минералов. Это может быть обусловлено гидрологическими факторами (временем стояния вод, динамикой водного режима), различными провинциями сноса материала [7], а также несколько отличающимися абсолютными высотами [8]. Не только разный минералогический, но и гранулометрический составы могут указывать на накопление более алевро-песчаного материала в разрезе почв Средней Ахтубы. Вывод о более смектитовом составе алевроитовых литотипов также коррелирует с минералогическим составом почв данного профиля. Если в Райгороде плавный переход по минеральному составу ила от породной части к почвенной фиксируется однозначно, то в Ахтубе имеет место явная смена обстановок осадконакопления и, как следствие, характер почвообразования. Подобное явление можно объяснить противоположными процессами, доминирующими в момент накопление материала, на котором в дальнейшем будет идти почвообразование. Предполагается, что каштановые почвы обнажения Средняя Ахтуба развивались в автоморфных условиях на лессах с близким источником глин, а в обнажении Райгород – в условиях периодического влияния флювиальных процессов. По абсолютной высоте разрез Ахтуба находится выше разреза Райгород. Предполагаем, что в момент начала формирования синлитогенных почв здесь уже отсутствовало влияние морского бассейна и шел эоловый перенос лесса, который перекрыл толщу ШГ. В Райгороде, напротив,

на микроморфологическом уровне видны свежие, угловатые, оптически ориентированные фрагменты ШГ, что может свидетельствовать об их автохтонности.

Таким образом комплексная диагностика каштановых почв Прикаспийской низменности и подстилающих ее нижнехвалынских шоколадных глин позволила определить некоторые эволюционные этапы развития толщи, а также предположить генетическую природу их образования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант №21-74-20121.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбузова С.К. Минералогические особенности хвалынских глин в бассейне Нижней Волги // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1970. № 37. С. 41–46.
2. Арбузова С.К. О формах существования железа в четвертичных глинах Нижнего Поволжья // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 1977. № 7. С. 170–171.
3. Ковда В. А. Почвы Прикаспийской низменности. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 255 с.
4. Lebedeva M., Makeev A., Rusakov A., Romanis T., Yanina T., Kurbanov R., Kust P., Varlamov E. Landscape dynamics in the Caspian Lowlands since the last deglaciation reconstructed from the pedosedimentary sequence of Srednaya Akhtuba, Southern Russia // Geosciences. 2018. Vol. 8. Iss. 12. 492. DOI: 10.3390/geosciences8120492.
5. Горбунов Н.И. Методика подготовки почв к минералогическим анализам // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. М.: Наука, 1971. С. 5.
6. Biscaye, P. E. Mineralogy and sedimentation of recent deep- sea clays in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans // Geological Society of America Special Bulletin. 1965. 76, p. 803-832.
7. Макшаев Р.Р. Палеогеография Среднего и Нижнего Поволжья в эпоху раннехвалынской трансгрессии Каспия. Кандид. диссерт. М., 2019
8. Költringer C., Stevens T., Lindner M., Baykal Y., Ghafarpour A., Khormali F., Taratunina N., Kurbanov R. Quaternary sediment sources and loess transport pathways in the Black Sea - Caspian Sea region identified by detrital zircon U-Pb geochronology // Global and Planetary Change. 2022 Vol. 209. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2022.103736

S u m m a r y.

The study of the material composition of modern sediments of the Caspian Lowland provides invaluable data on the paleogeographic development of the Caspian Basin. The study showed the result of mineralogical and micromorphological analysis of the Lower Khvalynian sediments and their influence on the genesis of chestnut soils of the Srednyaya Akhtuba and Raygorod outcrops. Kastanozem were formed by close bedding of marine chocolate clays. It is shown that in Akhtuba soils developed in automorphic conditions on loess with chocolate clays material, and in Raygorod in conditions of changing aeolian and fluvial stages of sedimentogenesis.

СУБФОССИЛЬНЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ ГОРНЫХ РАЙОНОВ НА ПРИМЕРЕ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

Е.О. Мухаметшина, О.К. Борисова, А.Л. Захаров
Институт географии РАН, Москва, eomukhametshima@igras.ru

SUBFOSSILSPORE-POLLEN SPECTRA OF MOUNTAINOUS REGIONS ON THE EXAMPLE OF THE KAMCHATKA PENINSULA

E.O. Mukhametshina, O.K. Borisova, A.L. Zakharov
Institute of Geography RAS, Moscow

Аннотация.

Проведен анализ соответствия современных спорово-пыльцевых спектров современной растительности в условиях развития высотной поясности. Исследование проводилось на основе пыльцевого анализа 25 проб из различных высотных уровней и лесных формаций. Выявлены основные закономерности формирования пыльцевых спектров в разных природных условиях на территории Центральной Камчатской депрессии.

Ключевые слова: Центральная Камчатская депрессия, рецентные спорово-пыльцевые спектры

Традиционно обязательной частью любого палинологического исследования является изучение современных спорово-пыльцевых спектров (СПС). Хотя еще в середине XX века было установлено, что в большинстве случаев пыльцевые спектры закономерно отражают основные черты тех растительных сообществ, где они были сформированы, в каждом районе, помимо общих закономерностей, влияющих на формирование СПС, есть своя специфика накопления пыльцы и спор в осадке. Исследования такого рода, особенно на территориях с горным рельефом и развитием высотной поясности ландшафтов, к которым относится и п-ов Камчатка, становятся критически важными для корректной интерпретации ископаемых пыльцевых спектров. На Камчатке наиболее полный анализ рецентных пыльцевых проб был выполнен И.С. Евтеевой [1]. Поскольку п-ов Камчатка отличается контрастным рельефом, И.С. Евтеева и ее коллеги отобрали поверхностные пробы для анализа СПС не только из разных лесных формаций, но и на различных высотных уровнях и высотных поясах. Позднее подобные, но не такие масштабные работы проводились и другими исследователями Камчатки [2,3].

Начиная свои работы в Центральной Камчатской депрессии (ЦКД), мы тоже исследовали серию поверхностных проб из разных растительных сообществ, чтобы расширить собственные знания о морфологии пыльцы местных видов растений, а также о закономерностях формирования СПС. Анализ 25 проб из различных растительных сообществ позволил провести

сопоставление СПС с локальной и региональной растительностью. Для этого отбор проб проводился из разных типичных лесных растительных формаций в долинах и предгорьях, а также из субальпийского, альпийского пояса и выше границы распространения растительности. Лесной пояс в днище ЦКД представлен хвойными формациями – редкостойными лиственничниками (*Larix cajanderi*) и редкими ельниками (*Picea ajaensis*), а также парковыми лесами – каменными березняками (*Betula Ermanii*). Субальпийский пояс представлен в основном густыми зарослями ольховника (*Alnus fruticosa*) и кедрового стланика (*Pinus pumila*). Наиболее разнообразную флору травянистых растений можно встретить в альпийском поясе, где господствуют тундровые фитоценозы [4].

Отбор проб проводился с поверхности почвы или прируслового наилка; одновременно с отбором проводилось ботаническое описание прилегающей территории с указанием ярусов древесной растительности, сомкнутости крон, обилия видов. Лабораторная обработка образцов проводилась на базе лаборатории Палеоархивов природной среды Института Географии РАН по стандартной методике В.П. Гричука [5]. Подсчет содержаний в процентах для всех таксонов проводился по группам: AP (Arboreal pollen – пыльца деревьев и кустарников), NAP (Non-Arboreal pollen – пыльца трав и кустарничков) и споры. Общий состав спектров рассчитан от суммы AP+NAP+Споры. Соотнеся наши данные с литературными материалами, мы получили следующие результаты.

Во всех образцах из лесных фитоценозов доля пыльцы деревьев и кустарников абсолютно доминирует и составляет от 84,6 до 99%. При этом преобладает главным образом пыльца *Betula sect. Albae* и *Costatae* (63-94%), что отражает широкое региональное распространение березняков и высокую пыльцевую продуктивность берез. В ельниках доля пыльцы основной лесообразующей породы может достигать 29%. При этом пыльца ели в небольших количествах (менее 2%) присутствует в большинстве проб. На долю пыльцы лиственницы приходится не более 1-2 % СПС даже в лиственничниках.

При движении вверх по склону соотношение пыльцы основных групп меняется. Если в субальпийском поясе на пыльцу деревьев и кустарников все еще приходится 80-97%, в первую очередь за счет роста доли пыльцы кустарников, то в альпийском поясе доля пыльцы деревьев и кустарников составляет 53-60%. При этом выше границы распространений растительности снова резко растет доля пыльцы деревьев, главным образом за счет пыльцы

берез, что, вероятно, связано с обильным дальним переносом и высокой пыльцевой продуктивностью березы, с одной стороны, и с низким поступлением пыльцы локальной флоры с другой. Для зоны альпийских лугов характерно наиболее высокое таксономическое разнообразие палинофлоры по сравнению с другими участками отбора.

Заметно отличаются от прочих образцы, отобранные с поверхности небольших влажных верховых болот: в них значительно выше доля спор (до 13-17%), а на пыльцу трав приходится до 26-27% СПС, что значительно выше, чем в других образцах, отобранных из почв лесной зоны. В группе трав, ожидаемо, высока доля пыльцы Poaceae (до 41%) и Cyperaceae (до 72%), но также значительные доли (до 7% от NAP) приходятся на пыльцу локальных компонентов – растений, которые встречаются в местах отбора проб (*Liliaceae*, *Portulaca*, *Comarum*, *Spiraea* и др.).

СПС образцов из руслового наилка р. Камчатки в ее нижнем течении, и р. Сухой, стекающей с северного склона Ключевского вулкана в долину р. Камчатки, отражают растительность их бассейнов в целом. В образце, отобранном из руслового наилка р. Камчатки, преобладает пыльца каменной березы, а на долю пыльцы деревьев и кустарников приходится около 60%. Что касается второго из этих образцов, в нем также на пыльцу деревьев и кустарников приходится только 67%. Преобладающими таксонами этой группы также являются древесные березы (в сумме 56%), но довольно большой процент приходится и на ольховник (19%).

Таким образом, нами установлены основные закономерности, отражающие степень соответствия поверхностных СПС современной растительности. Спектры лесного, субальпийского и даже альпийского пояса имеют скорее лесной характер (доля AP в них составляет не менее 60%), однако в СПС безлесных высотных поясов высока доля регионального компонента, особенно пыльцы березы. Субрецентные спектры заболоченных понижений содержат высокую долю локальных компонентов в своем составе. СПС из руслового наилка отражают растительность всего бассейна реки, причем, чем больше водосбор реки, тем более разнообразна палинофлора. При этом локальная прибрежная растительность вносит наиболее ощутимый вклад в формирование пыльцевого спектра.

Работа выполнена в рамках Мегагранта (соглашение № 075-15-2021-599 от 08.06.2021) «Палеоэкологические реконструкции как ключ к пониманию прошлых, текущих и будущих изменений климата и окружающей среды в России».

ЛИТЕРАТУРА

1. Брайцева О.А. Мелекесцев И.В., Евтеева И.С., Лупикина Е.Г. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука, 1968. 228 с.
2. Боярская Т.Д., Малаева Е.М. Развитие растительности Сибири и Дальнего Востока в четвертичном периоде. М.: Наука, 1967.
3. Скиба Л.А. История развития растительности Камчатки в позднем кайнозое. М.: Наука, 1975. 72 с.
4. Якубов В. В. Растения Камчатки (Полевой атлас). М., 2007. 260 с.
5. Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: ОГИЗ, ГЕОГРАФИЗ, 1948. 224 с.

Summary.

The paper analyzes the correspondence of modern spore-pollen spectra to modern vegetation in various altitudinal belts. The study was based on pollen analyses of 25 samples from different altitudes and forest formations. The main patterns of spore-pollen spectra formation in various natural conditions in the territory of the Central Kamchatka Depression were revealed.

ОСТАТКИ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA: CLADOCERA) В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ

А.Н. Неретина¹, А.А. Котов¹, В.В. Тумская¹, Е.Д. Варакина^{1,2}, Е.И. Изюмова¹,
А.А. Жаров¹, Ю.Ю. Давыдова²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва, neretina-anna@yandex.ru

² Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина, г. Нижний Новгород

CLADOCERAN REMAINS (CRUSTACEA: CLADOCERA) IN THE ARCHEOLOGICAL SITES

A.N. Neretina¹, A.A. Kotov¹, V.V. Tumskaya¹, E.D. Varakina^{1,2}, E.I. Izyumova¹,
A.A. Zharov¹, Y.Y. Davydova²

¹A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow

² Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod

Аннотация.

Несмотря на существенный прогресс, достигнутый в области палеоэкологических реконструкций, исследованиям микроскопических беспозвоночных животных в археологических памятниках уделяется недостаточно внимания. Мы изучили эфиппиумы ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Cladocera) из Янской палеолитической стоянки. В проанализированном материале нами обнаружены эфиппиумы *Daphnia* (*Daphnia*) O.F. Mueller, 1785, *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) Dybowski & Grochowski, 1895 и *Simocephalus* Schoedler, 1858. На основе данных об особенностях экологии современных видов *Daphnia* и

Simocephalus водоемы Янской стоянки можно охарактеризовать как мелкое безрыбное озеро или озерцо с развитыми зарослями макрофитов.

Ключевые слова: ветвистоусые ракообразные, эфиппиум, палеоэкология.

В повседневной жизни в качестве памятников рассматривают очень узкий круг объектов материальной культуры. К таким объектам относят монументы, обелиски, скульптуры и другие типы сооружений, поддерживающие воспоминания о чем-либо [1]. В археологии под памятниками подразумевают любые следы деятельности древних людей, остатки сооружений и вещей, изготовленные человеком или приспособленные им для своих нужд [2]. Интерес к археологическим памятникам во всем мире огромен. Консолидация усилий представителей разных специальностей и использование новейших методов исследований каждый год приносят новую информацию не только об особенностях древних людей, их культуре и быте, но и о тех природно-климатических условиях, в которых они жили [3–6]. Важным источником информации для палеоэкологических реконструкций служат разнообразные микроскопические остатки растений и животных, представленные минеральными и органическими структурами [6–7]. Однако большинство палеоэкологических реконструкций по-прежнему базируется на анализе одной или нескольких крупных групп. Наиболее популярными модельными объектами остаются диатомовые водоросли, а также пыльца и споры высших растений [7]. Исследованию остатков беспозвоночных животных в археологических памятниках уделяется меньше внимания [7]. Так, например, до недавнего времени основным источником остатков ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Cladocera) позднплейстоценового и голоценового возраста были озерные отложения [7–8]. Недавние находки остатков ветвистоусых ракообразных в кишечнике мамонтенка Люба, обнаруженного в вечной мерзлоте на полуострове Ямал [9–10], натолкнули нас на мысль о том, что остатки ветвистоусых ракообразных также могут хорошо сохраняться в вечной мерзлоте. Нами было показано, что остатки ветвистоусых ракообразных, представленные эфиппиумами, многочисленны и разнообразны в шерсти животных мамонтового фаунистического комплекса [11].

В рамках данного исследования нами были проанализированы остатки кладоцер из материалов Янской палеолитической стоянки. На сегодняшний день Янская стоянка – это одна из самых северных стоянок человека современного типа в Арктике [12]. Из материалов, переданных нам коллегами,

под стереомикроскопом МСП-2 (ООО «ЛОМО-МА», Россия, Санкт-Петербург) мы поштучно отбирали эфиппиумы ветвистоусых ракообразных. Все отобранные остатки ракообразных были подсчитаны и занесены в коллекцию А.А. Котова, хранящуюся в ИПЭЭ РАН. Отсортированные остатки кладоцер были исследованы на растровом электронном микроскопе TESCAN MIRA 3 LMN (Tescan, s.r.o., Чехия, Брно) и определены по имеющимся в распоряжении коллектива монографиям и специальным статьям, а также с привлечением оригинальных данных по современным представителям кладоцер.

В проанализированном материале нами были обнаружены многочисленные эфиппиумы *Daphnia* (*Daphnia*) O.F. Mueller, 1785, несколько эфиппиумов *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) Dybowski & Grochowski, 1895, а также немногочисленные эфиппиумы *Simocephalus* Schoedler, 1858. К сожалению, на данный момент из-за недостатка данных по систематике подрода *Daphnia* мы не можем провести идентификацию найденных образцов до видового уровня. Подрод *Ctenodaphnia* в исследованном материале был представлен единственным видом, *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) *magna* Straus, 1820. Эфиппиумы *Simocephalus*, обнаруженные нами в материалах Янской стоянки, мы, на данном этапе, разделили на два морфотипа: с гладкими бугорками и с бугорками, несущими отростки. Среди изученных нами рецентных представителей рода *Simocephalus* эфиппиум с гладкими не сильно выступающими над поверхностью бугорками обнаружен только у *Simocephalus serrulatus* (Koch, 1841). В то же время, эфиппиумы с бугорками, несущими отростки, отмечены нами у *S. vetulus* (O. F. Mueller, 1776), *S. mixtus* Sars, 1903 и *S. exspinosus* (De Geer, 1778).

На основе данных об особенностях экологии современных видов *Daphnia* и *Simocephalus* водоемы Янской стоянки, в которых были захоронены эфиппиумы, можно охарактеризовать как мелкое безрыбное озеро или озерцо с развитыми зарослями макрофитов [13].

Безусловно, остатки разных групп ракообразных и других беспозвоночных могут быть обнаружены не только в археологических памятниках, расположенных на территориях, занятых вечной мерзлотой. Возможными источниками новых интересных находок могут быть древние ритуальные захоронения, сопровождавшиеся мумификацией, а также древние украшения из

янтаря. Поиск беспозвоночных животных в таких нестандартных образцах – задача для наших будущих исследований.

Мы благодарим коллег из Геологического института, Института истории материальной культуры Российской академии наук и Отдела изучения мамонтовой фауны Академии наук Республики Саха (Якутии) за предоставленные образцы. Исследование остатков ракообразных было проведено с использованием оборудования ЦКП «Инструментальные методы в экологии» при ИПЭЭ РАН. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 22-14-00258).

ЛИТЕРАТУРА

1. Толковый словарь русского языка / Под ред. Д.Н. Ушакова. М.: Гос. ин-т «Сов. энцикл.» ОГИЗ; Гос. изд-во иностр. и нац. слов, 1935–1940. (4 т.)
2. Мартынов А.И., Шер Я.А. Методы археологического исследования: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Высш. шк. 1989. 223 с.
3. Li R., Carter J.A., Xie S., Zou S., Gu Y., Zhu J., Xiong B. Phytoliths and microcharcoal at Jinluojia archeological site in middle reaches of Yangtze River indicative of paleoclimate and human activity during the last 3000 years // *Journal of Archaeological Science*. 2010. Vol. 37(1). P. 124–132.
4. Bonomo M., Zucol A.F., Gutiérrez Téllez B., Coradeghini A., Vigna M.S. Late Holocene palaeoenvironments of the Nutria Mansa 1 archaeological site, Argentina // *Journal of Paleolimnology*. 2009. Vol. 41(2). P. 273–296.
5. Henry A.G., Piperno D.R. Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from Tell al-Raqā'i, Syria // *Journal of Archaeological Science*, 2008. Vol. 35(7). P. 1943–1950.
6. Weiner S. *Microarchaeology: beyond the visible archaeological record*. Cambridge University Press, 2010. 396 p.
7. Смирнов Н.Н. Историческая биоценология пресноводных зооценозов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 225 с.
8. Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. Atlas of subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Świecie (Poland): Friends of the Lower Vistula Society, 2007. 83 p.
9. Kosintsev P.A., Lapteva E.G., Trofimova S.S., Zanina O.G., Tikhonov A.N., Van der Plicht J. The intestinal contents of a baby woolly mammoth (*Mammuthus primigenius* Blumenbach, 1799) from the Yuribey River (Yamal Peninsula) // *Doklady Biological Sciences*. 2010. Vol. 432(1). P. 556–558.
10. Van Geel B., Fisher D.C., Rountrey A.N., van Arkel J., Duivenvoorden J.F., Nieman A.M., ... & Gravendeel B. Palaeo-environmental and dietary analysis of intestinal contents of a mammoth calf (Yamal Peninsula, northwest Siberia) // *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30(27–28). P. 3935–3946.
11. Котов А.А., Жаров А.А., Чернова О.Ф., Неретина А.Н., Гололобова М.А., Трофимова С.С., Зиновьев Е.В., Изюмова Е.И., Занина О.Г., Кириллова И.В., Шидловский Ф.К. Жаброногие ракообразные (Crustacea, Branchiopoda) в комплексе органических остатков из шерсти мамонта // *Зоологический журнал*. 2018. Т. 97(10). С. 1300–1314.
12. Pitulko V.V., Nikolsky P.A., Giryа E.Y., Basiyan A.E., Tumskey V.E., Koulakov S.A., ... & Anisimov M.A. The Yana RHS site: humans in the Arctic before the last glacial maximum // *Science*. 2004. Vol. 303(5654). P. 52–56.

13. Błędzki L.A., Rybak J.I. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe. Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida). Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. 918 p.

S u m m a r y.

Despite significant progress achieved in the paleoecological reconstructions, insufficient attention has been paid to studies of microscopic invertebrates in the archaeological sites. We studied ephippia of water fleas (Crustacea: Cladocera) from the Yana Rhinoceros Horn Site. In the analyzed material we found *Daphnia* (*Daphnia*) O.F. Mueller, 1785, *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) Dybowski & Grochowski, 1895 and *Simocephalus* Schoedler, 1858. Taking into consideration ecological data on the modern *Daphnia* and *Simocephalus* species, the water bodies of the Yana Rhinoceros Horn Site can be characterized as a shallow fishless lake or pond with developed macrophyte clumps.

ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА НЕЙТО-МАЛТО

Г.Р. Нигаматзянова¹, Н.М. Нигматуллин¹, Г.Б. Федоров², Л.А. Фролова¹

¹КФУ, г. Казань, GuRNigamatzyanova@kpfu.ru

²СПбГУ, г. Санкт-Петербург

VEGETATION FLUCTUATIONS IN THE CENTRAL PART OF THE YAMAL PENINSULA BASED ON THE RESULTS OF PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE NEYTO-MALTO

G.R. Nigamatzyanova¹, N.M. Nigmatullin¹, I.V. Fedorova², L.A. Frolova¹

¹KFU, Kazan

²St. Petersburg University, Sankt-Petersburg

Аннотация.

Целью данного исследования является реконструкция палеорастительности для территории, прилегающей к озеру Нейто-Малто, и реконструкция экологических условий прошлого в центральной части полуострова Ямал. По результатам палинологического анализа 15 образцов колонки донных отложений озера выделены 2 стратиграфические зоны. Нижняя часть колонки (16-6 см) характеризуется высоким содержанием пыльцы *Betula sect. Nanae*, а также доминированием среди хвойных пород пыльцы *Pinus sibirica*. Снижение общей концентрации пыльцы, а также смена доминантов хвойных пород зафиксировано в отложениях верхней части колонки (6-0 см). Реконструированные растительные сообщества в районе озера были тундровыми с карликовыми кустарничками, мхом, с участием осок и разнотравья.

Ключевые слова: палеоэкология, палеоклиматология, палинологический анализ, Ямало-Ненецкий АО.

Анализ пыльцы донных отложений арктических озер дает представление о динамике растительности, истории климата и стратиграфии отложений [Andreev et al., 2021; Rudaya et al., 2020]. За последнее время накопилось немало сведений о развитии растительности в прошлом и реконструкции

экологических и климатических изменений для территории полуострова Ямал [Peteet et al., 1998; Forbes, 1999; Panova et al., 2010 и др.]. Палинологический анализ, ранее не проводившийся на донных отложениях Нейтинских озер, позволил получить более полную информацию об изменениях растительности и экологических условий прошлого. Целью данного исследования является реконструкция палеорастительности на основе палинологического анализа донных отложений для территории вокруг озера Нейто-Малто, а также реконструкция экологических условий прошлого в центральной части полуострова Ямал.

Объект исследования – озеро Нейто-Малто – входит в группу Нейтинских озер, расположенных в центральной части п-ова Ямал. Регион характеризуется субарктическим климатом со средними январскими температурами $-23-27^{\circ}\text{C}$ и июльскими температурами $+3-9^{\circ}\text{C}$. Количество осадков невелико (400 мм/год). Толщина снежного покрова в среднем составляет 50 см [Pointner et al., 2020]. Суровые климатические условия региона обуславливают развитие в центральной части п-ова Ямал северных субарктических тундр, представленных кустарничково-моховыми, кустарничково-мохово-лишайниковыми тундрами с низко- и редкокустарниковыми моховыми тундрами [Морозова, Магомедова, 2004].

Озеро Нейто-Малто является вторым по площади на полуострове. Максимальная глубина водоема достигает 21 м, средняя глубина - 3 м, а площадь - 220 км². Сток из озера осуществляется в р. Сеяха-Мутная [Эдельштейн и др., 2017; Lemenkova, 2015].

Колонка отложений длиной 16 см ($70^{\circ}12'125''$ с.ш., $70^{\circ}22'592''$ в.д.) была отобрана в июле 2020 года при помощи пробоотборника UWITEC. Палинологический анализ 15 образцов, проведенный согласно стандартной методике Фаегри-Иверсена [Faegri, Iversen, 1989], выявил низкую концентрацию пыльцевых зерен и спор в отложениях и высокий процент переотложенной пыльцы. В общей сложности идентифицировано 24 пыльцевых (10 древесных, 14 травянистых) и 3 споровых таксона.

В палиносpectрах выявлено доминирование пыльцы древесных таксонов, а именно пыльцы *Betula* sect. *Nanae*, *Alnobetula* sp. В меньшей степени представлена пыльца *Salix* sp. и *Ericaceae*. Часто отмечена в образцах пыльца хвойных таксонов: *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica*, *Picea* sp. Травянистые таксоны

были представлены пыльцой Poaceae, Caryophyllaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Rosaceae, Ranunculaceae, *Rubus chamaemorus*, *Drosera rotundifolia*, Fabaceae, Rubiaceae и Potamogetonaceae. Доминантом выступала пыльца Cyperaceae, субдоминантами - пыльца *Artemisia* sp. и Amaranthaceae. Высоким было участие в отложениях спор *Sphagnum* spp. Из других споровых растений были встречены споры Lycopodiaceae и Polypodiophyta.

Палиноспектры нижней части колонки донных отложений (16-6 см) характеризуются максимально высоким содержанием пыльцы *Betula* sect. *Nanae*. Кустарники представлены пыльцой *Alnobetula* sp., Ericaceae и *Salix* sp. Характерным является доминирование среди хвойных пород пыльцы *Pinus sibirica*. Присутствуют пыльца *Picea* sp. Среди травянистых таксонов доминируют пыльца Cyperaceae и *Artemisia* sp. Споровые растения представлены *Sphagnum* spp. и Lycopodiaceae.

Палиноспектры верхней части колонки отложений (6-0 см) свидетельствуют о снижении количества пыльцы *Betula* sect. *Nanae*. Присутствие пыльцы других кустарников не подвержено изменениям. Среди пыльцы хвойных пород происходит смена доминанта: в отложениях начинает преобладать пыльца *Pinus sylvestris*, а содержание пыльцы *Pinus sibirica* резко снижается. Присутствует пыльца *Picea* sp. Содержание пыльцы трав в отложениях возрастает благодаря увеличению содержания пыльцы Cyperaceae. Появляется в спектре пыльца *Drosera rotundifolia*. Среди споровых растений, кроме *Sphagnum* spp. и Lycopodiaceae, отмечены споры Polypodiophyta.

Анализ палинологических данных отложений оз. Нейто-Малто позволил выявить доминирующие типы растительности. На территории вокруг водоема господствовала тундровая растительность, представленная в основном кустарниками с преобладанием березы карликовой и присутствием видов р. ольха, вересковых и видов р. ива. В низменностях произрастали осоковые. Относительно стабильное присутствие в отложениях спор сфагнома и пыльцы рдестовых указывает на значительную увлажненность территории. Полученные нами результаты согласуются с ранее полученными данными Peteet et al [1998], Velichko et al. [1997] о палинологических исследованиях п-ова Ямал.

Проведение палинологического анализа поддержано Российским научным фондом (проект № 20-17-00135). Статистический анализ выполнен за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для

выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (№ 671-2020-0049).

ЛИТЕРАТУРА

1. Andreev A.A., Raschke E., Biskaborn B.K., Vyse S.A., Courtin J., Bohmer T., Stoof-Leichsenring K., Kruse S., Pestryakova L.A., Herzschuh U. Late Pleistocene to Holocene vegetation and climate changes in northwestern Chukotka (Far East Russia) deduced from lakes Ilirney and Rauchuagygtyn pollen records // *Boreas*. 2021. Vol. 50, issue 3. P. 652-670.
2. Rudaya N., Krivonogov S., Słowiński M., Cao X., Zhilich S. Postglacial history of the Steppe Altai: Climate, fire and plant diversity // *Quaternary Science Reviews*. 2020. Vol. 249. - No 106616.
3. Peteet D., Andreev A., Bardeen W., Mistretta F. Long-term Arctic peatland dynamics, vegetation and climate history of the Pur-Taz region, Western Siberia // *Boreas*. 1998. Vol. 27, No 2. P. 115-126.
4. Forbes B.C. Land use and climate change on the Yamal Peninsula of north-west Siberia: some ecological and socio-economic implications // *Polar Research*. 1999. Vol. 18, issue 2. P. 367-373.
5. Panova N.K., Trofimova S.S., Antipina T.G., Zinoviev E.V., Gilev A.V., Erokhin N.G. Holocene Dynamics of Vegetation and Ecological Conditions in the Southern Yamal Peninsula According to the Results of Comprehensive Analysis of a Relict Peat Bog Deposit // *Russian Journal of Ecology*. 2010. Vol. 41, No. 1. P. 20–27.
6. Pointner G., Bartsch A., Dvornikov Yu.A., Kouraev A. Mapping potential signs of gas emissions in ice of Lake Neyto, Yamal, Russia, using synthetic aperture radar and multispectral remote sensing data // *The Cryosphere*. 2021. Vol. 15. P. 1907-1929.
7. Морозова Л.М., Магомедова М.А. Структура растительного покрова и растительные ресурсы полуострова Ямал. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. 63 с.
8. Эдельштейн К.К., Алабян А.М., Горин С.Л., Попрядухин А.А. Гидрологические особенности крупнейших озер полуострова Ямал // *Труды Карельского научного центра РАН. Гидрофизика. Гидрология*. 2017. №10. С. 3-16.
9. Lemenkova P. The Vulnerability and Environmental Resilience of Ecosystems in Yamal, Russian Arctic // *Problems of the Sustainable Development of the Russian Regions*. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University (TuymGNGU), 2015. P. 139-141.
10. Faegri, K., Iversen, J. Textbook of pollen analysis. The Blackburn Press, 1989. 328 p.
11. Сазонова Т.А., Болондинский В.К., Придача В.Б. Эколого-физиологическая характеристика сосны обыкновенной. Петрозаводск: Verso, 2011. 206 с.
12. Velichko A.A., Andreev A.A., Klimanov V.A. Climate and vegetation dynamics in the tundra and forest zone during the late glacial and Holocene // *Quaternary International*. 1997. Vol. 41/42. P. 71-96.

S u m m a r y.

The current study aims to reconstruct the paleovegetation for the area adjacent to Lake Neyto-Malto, and paleoenvironmental conditions in the central part of Yamal Peninsula. The 2 stratigraphic zones were defined based on the spore-pollen analysis of the 15 samples of lake bottom sediments. The lower part of the core (16-6 cm) was characterized by a high content of *Betula* sect. *Nanae* pollen. A decrease in the total pollen concentration, as well as a change in the dominant conifers in the sediments, was indicate in the sediments of the upper part of the core (6-0 cm). We reconstructed the plant communities in the lake area, which were represented by tundra with dwarf shrubs, moss and lichen with the participation of sedges and various grasses.

ВОЗРАСТ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕТЬЕЙ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ Р. ЛЕНА (НА ПРИМЕРЕ ОБНАЖЕНИЯ ПЕСЧАНАЯ ГОРА), ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ

М.Р. Павлова, А.А. Галанин

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Nigaer@yandex.ru

AGE AND CONDITIONS OF FORMATION OF THE THIRD FLOODPLAIN TERRACE OF THE LENA RIVER (BY THE EXAMPLE OF PESCHANAYA MOUNTAIN OUTCROP), CENTRAL YAKUTIA

M.R. Pavlova, A.A. Galanin

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk

Аннотация.

Представлены результаты литологических и палеоботанических исследований, данные радиоуглеродного датирования, полученные в ходе изучения позднечетвертичных отложений третьей надпойменной террасы р. Лена в пределах обнажения Песчаная гора (Центральная Якутия). Отмечены геологические и биостратиграфические особенности, а также возраст слагающих толщ. Определён спорово-пыльцевой и карпологический состав верхней озерно-болотной части разреза (0-6 м), выделены два этапа развития растительного покрова в период с конца МИС2 и до середины голоцена.

Ключевые слова: обнажение Песчаная гора, литология, возраст, споры и пыльца, карпология, р. Лена, Центральная Якутия.

Обнажение Песчаная гора расположено на правом берегу р. Лена в 60 км выше устья р. Алдан, приурочено к береговому обрыву 18-23-метровой третьей (кердёмской) надпойменной террасы р. Лена и имеет протяженность более 7 км. Песчаная гора представляет собой опорное обнажение разногенетических позднечетвертичных отложений, имеющее ключевое значение для понимания особенностей осадконакопления на рубеже позднего плейстоцена и голоцена не только для территории Центральной Якутии, но и для всей Восточной Сибири в целом. Исследования этого уникального объекта начаты еще предшественниками во второй половине XX века [1,3,4,5] и продолжаются до сих пор в связи с многочисленными дискуссионными вопросами о его возрасте, генезисе и условиях формирования [2]. В данной работе приводится наиболее полная характеристика по биостратиграфии и возрасту обнажения Песчаная гора с учетом новой информации, полученной в период 2017-2021 гг., а также ранее опубликованных данных.

В ходе полевых исследований в пределах обнажения заложен разрез № 537 (62°52'51" с. ш.; 129°48'23" в. д) видимой мощности 25 метров, выполнено подробное описание и опробирование. На базе института Мерзлотоведения СО РАН (ИМЗ СО РАН) для всей толщи отложений проведен гранулометрический

состав для 29 проб методами ситового отсева и ареометрии. Для верхней части разреза (0-3 м) выполнено определение абсолютного возраста радиоуглеродным анализом для пяти образцов методом жидкостной сцинтилляции на спектрометре-радиометре Quantulus 1220. Для интервала 0-6 м проведены спорово-пыльцевой (20 проб) и карпологический анализы (1 образец) согласно общепринятым методикам.

На основании полученных данных установлено следующее (снизу-вверх):

Пачка Ia (22.55-25 м) – песчано-гравийные охристые горизонтально слоистые отложения с примесью гальки (русловая фация), отнесенная к бестяхской свите [3].

Пачка Ib (22.50-22.55 м) – супесь охристая пылеватая волнистая тонкослойчатая с линзами гумусированного детрита и с примесью угольков (пойменная фация).

К настоящему времени абсолютные даты бестяхской свиты обнажения Песчаная гора отсутствуют. Установлена только обратная намагниченность свиты, сопоставленная с магнитохроном Матуяма верхняя граница которого составляет 780 тыс. л. н. [3,5]. Также проводят параллель с магнитными экскурсами Блэйк или Сероглазка (100 и 120 тыс. л. н.), где данные события уже были идентифицированы в разрезах некоторых террас Центральной Якутии [5].

Пачка IIa (15.15-22.50 м) – чередование песка светло-серого мелкозернистого с супесью темно-серой пылеватой со знаками ряби, линзами намывного растительного детрита (аллювиальные отложения).

Пачка IIб (15-15.15 м) – переслаиванием песка серого крупнозернистого и супеси темно-серой гумусированной с линзами намывной органики.

Пачки отложений IIa-б отнесены предшественниками к «перегляциальному аллювию» мавринской свиты средне-позднеплейстоценового возраста [1,4,6]. Но дата 22100-19600 кал. л. н. (ИМ-759) [2], полученная с глубины 20 м, свидетельствует о формировании пачки IIa во время термического минимума МИС-2., возраст пачка IIб охарактеризован датой с глубины 15 м – 18390-16700 кал. л. н. (ИМ-901) [3].

IIIa (8-15 м) – песок светло-желтый среднезернистый с перекрестно-волнистой, местами круто падающей (45-60°), слоистостью с редкими

прослойками песка крупнозернистого и мелкого гравия (отложения дьолкуминской свиты).

Пачка Шб (7.6-8 м) – поверхность дефляции, подстилаемая песком темно-серым мелкозернистым и супесью пылеватой с фрагментами палеопочвы.

Пачка Шв (5-7.6 м) – песок светло-желтый мелкозернистый хорошо сортированный волнисто- и перекрестно-слоистые с прослоями песка белесого крупнозернистого и редкими включениями тонких почвенно-дерновых прослоек толщиной до 2-4 см (покровные дюнные отложения дьолкуминской свиты).

По данным Камалетдинова с соавт. [3] и Спектра В.В. с соавт. [6], палиноспектры, полученные из пачек Ша-в, характеризуются доминированием полыни, злаковых, маревых и осок при малочисленных кустарниковых березах и ольховнике, что отражает растительность перегляциальных травянистых тундр с участками кустарников для этапа конец каргинского – сартанского времени. Из палеопочвенного прослоя (пачка Шб) получена дата 14070-13400 кал. л. н. (ГИН-2461) [5], что соответствует потеплению бёллинг-аллёрда. В связи с этим можно предположить, что формирование пачек Ша-б покровных дюнных отложений происходило в интервале 17-14 тыс. л. н. Накопление отложений пачки Шв связано с последним глобальным похолоданием позднего дриаса [3].

IVa (4.6-5 м) – горизонтально залегающие слои супеси темно-серой с сизоватым оттенком пылеватой, суглинков сизых легких и песков мелкозернистых белесых кварцевых, растительный детрит полностью отсутствует (озерные отложения).

IVб (2.6-4.6 м) – песок светло-серый среднезернистый, местами с охристым оттенком, с тонкими прослоями супеси темно-серой пылеватой, практически не содержат видимого органического детрита (озерно-эоловые отложения). Время накопления пачки отнесено к периоду 16-12.8 тыс. л. н. [1] (радиоуглеродная дата на базе ИМЗ СО РАН получена с 3 м – 15890-13980 кал. л. н. (MPI-183)). В палиноспектрах (рис. 1, PZI), полученных из интервала 2.4-6 м (5 образцов), преобладают древесные растения 83.3-99% с доминированием пыльцы *Picea*. Отмечены *Pinus s/g Diploxylon*, *Pinus s/g Haploxylon*, *Betula sect. Nanae*, *Alnaster*, *Salix*. Пыльца трав составляет 1-12.5% с преобладанием Poaceae; отмечены *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Rosaceae*,

Brassicaceae, *Rubus Chamaemorus*, Ranunculaceae и *Thalictrum*. Концентрация – 210-580 зерен / г. В этот период происходит затухания эоловой активности и закрепления отложений травянисто-кустарничковыми ксерофитными группировками, местами отмечались островки древесной растительности.

Пачка IVв (0-2.6 м) – торф темно-коричневый мохово-кустарничковый с включением обломков древесины. Время накопления отнесен к климатическому оптимуму голоцена (радиоуглеродные даты: 2.4 м – 8990-8600 кал. л. н. (ГИН-2462) [1], ИМЗ СО РАН – 2.5, 2.0, 1.5 и 1.0 м (рис. 1) – 9490-8880 (MPI-121), 7750-7040 (MPI-118), 11340-10360 (MPI-119), и 7440-6930 (MPI-120) кал. л. н. соответственно). В палиноспектрах (15 образцов) преобладают древесные растения (62.9-92.3%) с доминированием *Betula* spp. (рис. 1, PZII). Отмечены *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Picea*, *Alnaster* и *Salix*. Пыльца трав составляет 7.4-32.4% с доминированием Poaceae и *Artemisia*. Отмечены *Thalictrum*, Rosaceae, *Sanguisorba officinalis*, Ranunculaceae, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Cichorioideae, Asteroideae, Ericaceae, Caryophyllaceae, Onagraceae, Brassicaceae, Apiaceae, Polygonaceae, пыльца водных растений – *Nuphar* и *Utricularia*, а также непыльцевые палиноморфы (*Botryococcus*, *Glomus*, *Gelasinospora*, раковины амёб *Arsella* и *Centropyxis*. Концентрация – 27070-284380 зерен / г.

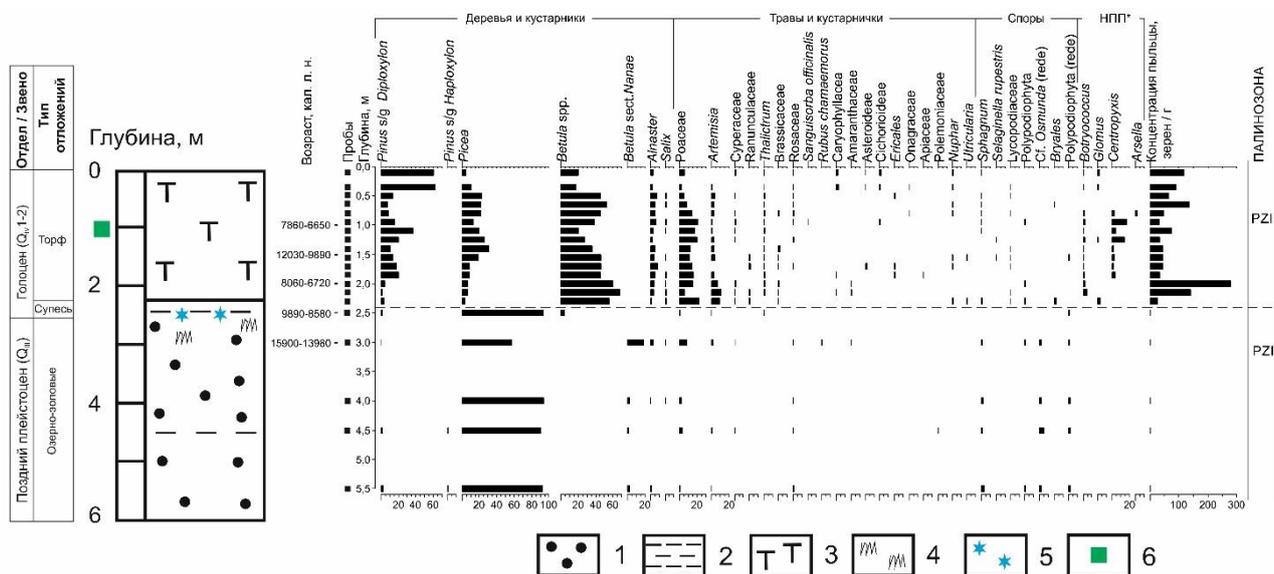


Рис. 1 Геологическое строение и палинологическая диаграмма позднечетвертичных отложений разреза № 537 (интервал 0-6 м), обнажение Песчаная гора, Центральная Якутия. *НПП – непыльцевые палиноморфы; 1 – песок среднезернистый, 2 – суесь пылеватая, 3 – торф, 4 – растительный детрит, 5 – мёрзлые отложения, 6 – проба на карпологический анализ.

Карпологический состав (образец 537_1 м): Bryopsida, *Equisetum* sp., *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen, *Larix* sp., *Picea obovata* Ledeb., *Triglochin maritima* L., *Carex* spp., *Eleocharis ovata* (Roth.) Roemer et Schultes, *Betula* sect. *Albae*, *Betula* sect. *Nanae*, *Nymphaea tetragona* Georgi, *Potentilla* sp., *Comarum palustre* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Stachys* sp., *Ericales* gen. indet.

Палеоботанические данные отражает высокое разнообразие ландшафтов – долинные леса, луга и пресноводные водоемы. О существовании небольших водоемов, указывают также данные Камалетдинова В.А. с соавт. [3], где в подошве торфяника установлено множество пресноводных моллюсков и остракод.

Таким образом, полученные результаты позволили уточнить литологию и возраст отложений обнажения Песчаная гора. Отметить, что в строении выделяется несколько разновозрастных толщ: аллювий бестяхской свиты, сформировавшийся 780 тыс., аллювий мавринской свиты (конец МИС2-МИС3), отложения дьолкуминской свиты (МИС2), озерные отложения (конец МИС2-начало МИС1) и голоценовый торф (климатический оптимум голоцена). Палинологические и карпологические данные позволили определить палеоботанический состав и выделить два этапа развития растительного покрова с конца МИС2 и до середины голоцена.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-17-00054, <https://rscf.ru/project/21-17-00054/>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев М.Н., Гриненко О.В., Камалетдинов В.А. Неогеновые и четвертичные отложения Нижнеалданской впадины и средней Лены. Путеводитель геологической экспедиции. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО АН СССР, 1990. 42 с.
2. Галанин А.А. Позднечетвертичные песчаные покровы Центральной Якутии (Восточная Сибирь): строение, фациальный состав и палеоэкологическое значение // Криосфера Земли. 2021. Т. XXV. № 1. С. 3-34.
3. Камалетдинов В.А., Минюк П.С. Строение и характеристика бестяхской террасы Средней Лены // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1991. № 60. С. 68-70.
4. Колпаков В.В. Эоловые четвертичные отложения Приленской Якутии // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. АН СССР. М.: Наука, 1983. № 5. С. 123-131.
5. Минюк П.С. Магнитостратиграфия кайнозоя северо-востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 198 с.
6. Спектор В.В., Спектор В.Б., Боескоров Г.Г., Белолобский И.Н., Бакулина Н.Т. Перигляциальный аллювий Центрально-Якутской равнины по данным изучения опорного обнажения Песчаная гора // Вестник ЗабГУ, 2017. Т. 23. № 5. С. 45-59.

Summary.

Results of lithological and paleobotanical investigation, data of the radiocarbon dating of Late Quaternary deposits of the third floodplain terrace of the Lena river within outcrop of Peschanaya Mountain (Central Yakutia) are presented. The features of the geological structure and biostratigraphy, also the age of the deposits, are given. The palynological and carpological composition of the lacustrine-boggy deposits of upper part of the section (0-6 m) are determined, two stages of development of vegetation cover are identified in the period from the end of MIS2 to the middle of the Holocene.

ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ БЕЛОРУССКО-ВАЛДАЙСКОГО ПООЗЕРЬЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Н.М. Писарчук¹, Д.А. Куприянов^{2,3}, А.В. Тимашкова¹, А.А. Кукса¹,
А.Е. Шатунов², К.А. Бородин²

¹БГУ, г. Минск, pisarchuk@bsu.by

²МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, dmitriykupriyanov1994@yandex.ru

³Институт Археологии РАН, г. Москва

LANDSCAPE DYNAMICS OF THE BELARUSIAN-VALDAI LAKE REGION IN THE HOLOCENE

N.M. Pisarchuk¹, D.A. Kupriyanov^{2,3}, A.V. Timashkova¹, A.A. Kuksa¹,
A.E. Shatunov², K.A. Borodina²

¹ Belarusian State University, Minsk, pisarchuk@bsu.by

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, dmitriykupriyanov1994@yandex.ru

³ Institute of Archeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Аннотация.

Представлены результаты реконструкции ландшафтов Белорусско-Валдайского Поозерья в голоцене на основе данных изучения нового разреза Шкреды. Сопоставлены результаты ряда методов: спорово-пыльцевой и антракологический анализы, потери при прокаливании и гумификации торфа, моделирование роста отложений, кластерный анализ, радиоуглеродное датирование. Выделено три фазы развития растительности, соответствующие периодам голоцена и позднеледниковья: I (16 000 – 9 500 кал.л.н.) – хвойно-широколиственных леса со значительным участием в древостое березы, II (9 500 – 5 700 кал.л.н.) – хвойно-широколиственные леса со значительным участием термофильных элементов, III (5 700 кал.л.н. – наст. время) – березово-сосновые леса с формированием обширных заболоченных участков.

Ключевые слова: Белорусско-Валдайское Поозерье, спорово-пыльцевой анализ, антракологический анализ, гумификация торфа, потери при прокаливании, динамика растительного покрова, радиоуглеродное датирование.

Болотные комплексы наряду с озёрными являются палеоархивами природной среды за счёт специфических анаэробных условий в торфяной залежи, позволяющих накапливать и сохранять остатки растений-торфообразователей и материал, поступающий с окружающей болото территории: споры и пыльца растений, древесный уголь и иной неорганический

материал. Исследования стратиграфии болотных комплексов позволяют реконструировать процессы, происходившие на прилегающей территории в прошлом, а сопоставление разнонаправленных анализов болотных отложений позволяет с высокой долей вероятности идентифицировать процессы, происходившие на окружающей болото территории.

В качестве модельного участка для реконструкции динамики ландшафтов позднеледниковья и голоцена Белорусско-Валдайского Поозерья было выбрано болото Шкреды, представляющий типичный для данной территории комплекс. Изучаемый болотный комплекс расположен на террасе озера Нечерица (бассейн реки Западная Двина, территория национального парка «Себежский»). Представленная территория расположена на стыке бореальных, переходных к суббореальным ландшафтов низменных озёрно-ледниковых песчаных и супесчаных равнин с холмисто-моренными возвышенностями в области валдайского оледенения. Территория характеризуется умеренным, умеренно континентальным климатом, среднегодовыми температурами воздуха $+4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ со средними температурами июля $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$, января $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и средним годовым количеством осадков в диапазоне 600-700 мм. Заболоченность относительно невелика и для территории национального парка составляет около 8%. Преобладающий растительный покров – сосняки-зеленомошники, характерные для подобных ландшафтов [1].

Полевые работы проведены в августе 2020 года. Отобранные отложения были проанализированы рядом методов, а результаты сопоставлены. Используются спорово-пыльцевой и антракологический анализы, потери при прокаливании и гумификации торфа, моделирование роста отложений (рис. 1), кластерный анализ, радиоуглеродное датирование. Результаты сопоставления представлены на рисунке 2.

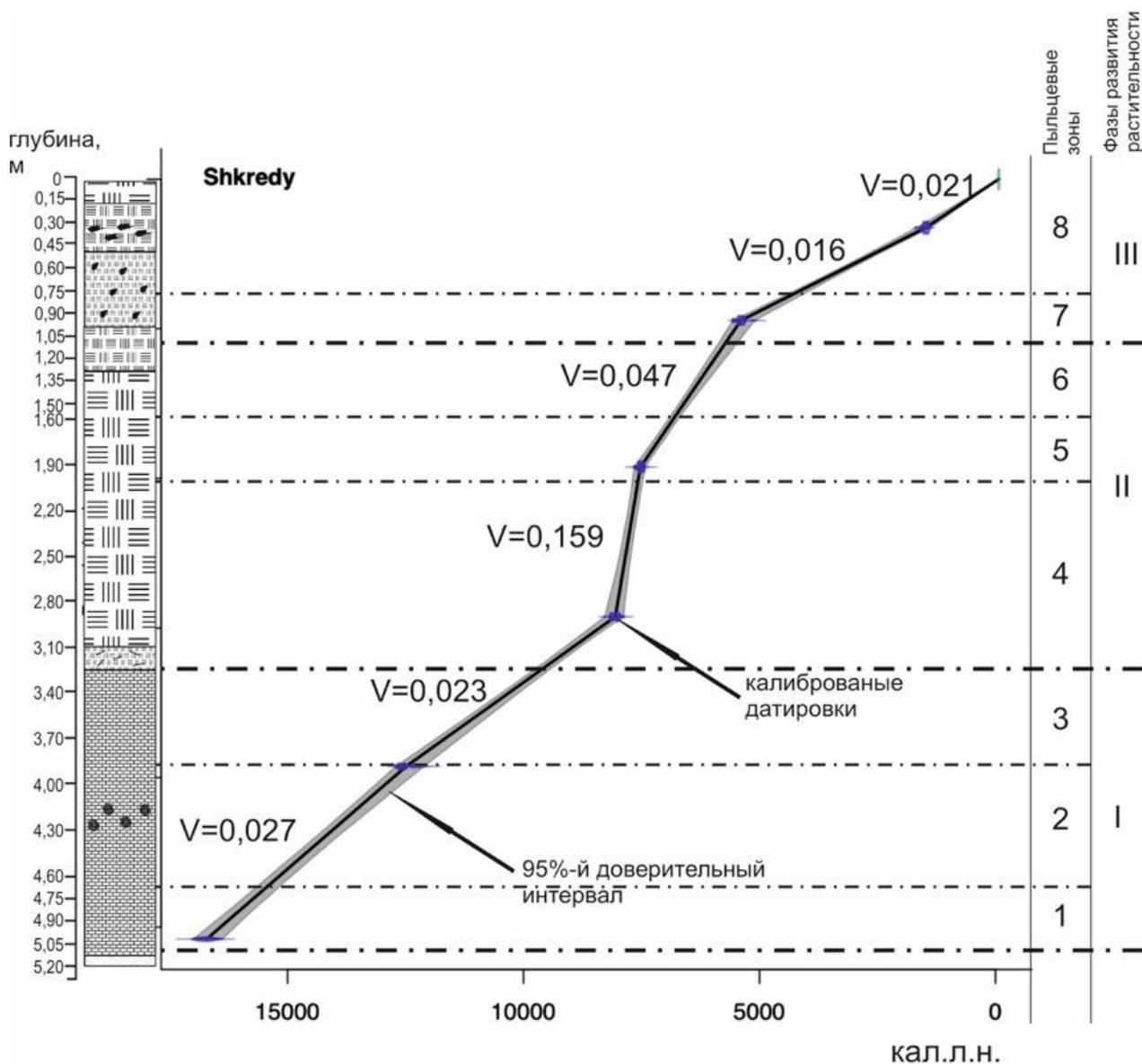


Рис. 1 Модель роста отложений болота и скорость накопления отложений (V, см/год) разреза Шкреды

На основании изменений в составе спектров выделено восемь пыльцевых зон, объединенных в три фазы развития растительности. Выделенные зоны и фазы характеризуют периоды позднеледникового и голоцена.

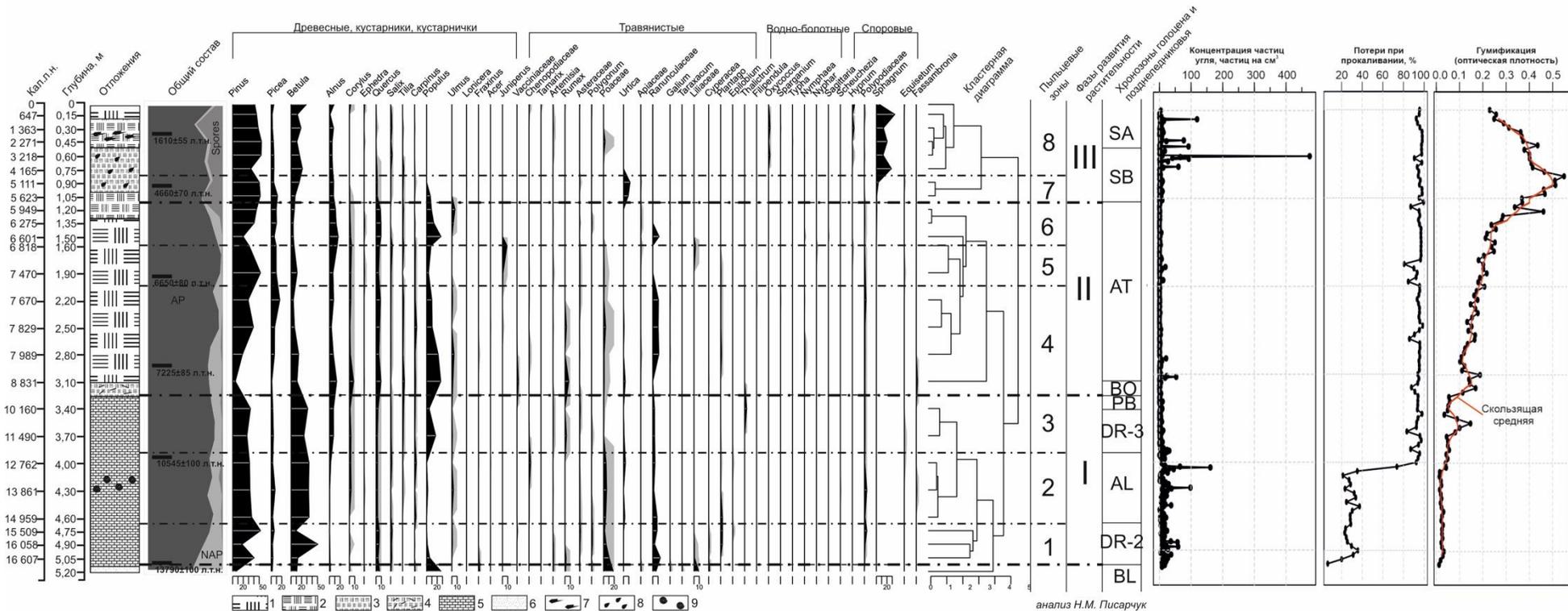


Рис.2 Результаты исследования отложений болота Шкреды (спорово-пыльцевой анализ, антропологический анализ, анализов потерь при прокаливании и гумификации, радиоуглеродное датирование)

1 – торф, светло-коричневый, сфагново-травяной; 2 – торф коричневый, травяной с включением сфагновых мхов; 3 – торф, темно-коричневый, травяно-сфагновый; 4 – торф, темно-коричневый, слабой степени разложения, моховый; 5 – гиттия; 6 – песок; 7 – прослой древесины; 8 – включения остатков трав; 9 – включения раковин и моллюсков, 10 – угольные прослой

Фаза развития растительности I (16 000 – 9 500 кал.л.н., *средний дриас – пребореал*) включает в себя пыльцевые зоны 1-3. Для фазы характерно преобладание разреженных хвойно-широколиственных лесов со значительным участием березы в древостое. В формировании растительных сообществ значительна роль лесных пожаров. Помимо климатической обусловленности развития высокого участия в древостоях березы, возможно воздействие на сукцессию растительности и обилия лесных пожаров.

Фаза развития растительности II (9 500 – 5 700 кал.л.н., *бореал – атлантик*) представлена пыльцевыми зонами 4-6. В это время по-прежнему сохранялись хвойно-широколиственные леса с возросшей долей термофильных элементов в составе древостоя. Пирогенное воздействие на экосистемы было эпизодическим и не приводило к коренным сменам растительных сообществ. Восстановление древостоя шло через осину. Под густым пологом леса формировались трех-, четырехъярусные ассоциации. Разнотравные ассоциации становятся полидоминантными. Это период оптимума голоцена – относительно влажных климатических условий, благоприятных для участия термофильных элементов в составе растительных сообществ и не способствующих возникновению лесных пожаров. Это время интенсивного зарастания озер, увеличенной скорости седиментации отложений.

Фаза развития растительности III (5 700 кал.л.н. – *нас. время, суббореал – субатлантик*) включает в себя пыльцевые зоны 7-8. В этот период широкое распространение получили березово-сосновые леса с повсеместным развитием процессов заболачивания. На протяжении всей фазы характерны частые лесные пожары, сопровождающиеся незначительным притоком неорганического вещества в болотную котловину. Относительно сухие климатические условия были характерны в первую очередь для первых двух третей фазы (в суббореал), а для последней трети (субатлантик) климатические условия характеризовались меньшей тепло- и влагообеспеченностью (вероятно, данный этап соответствует малому ледниковому периоду), но при этом активность лесных пожаров сохранялась на том же уровне, что косвенно свидетельствует о высокой пирогенной активности в экосистемах для данной фазы развития растительности. Объясняется как естественным климатическим фактором, так и антропогенным прессом. В целом, такая ситуация характерна для большинства ландшафтов с песчаной литогенной основой (как более чувствительных к

пожарам) центральной части Восточно-Европейской равнины [2, 3]. Аналогичная картина синхронного снижения доли ели и увеличении доли березы в пыльцевых спектрах также отмечена и в наиболее близко расположенному к изучаемому разрезу болоту «Освея» [4], где эта смена интерпретируется как иссушение климата, что в случае разреза Шкреды подтверждается результатами анализа гумификации торфа, где показан резкий рост степени разложения торфа, вызванного, вероятно, снижением уровня болотных вод. Современный облик ландшафты стали приобретать около 600 кал.л.н.

Исследования выполнены при финансовой поддержке БРФФИ № X21PM-043 и РФФИ № 20-55-04003.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов И.А., Спасов В.П., Иванов А.И. Почвы Псковской области и их сельскохозяйственное использование. Великие Луки, 1998. 272 с.
2. Куприянов Д.А., Новенко Е.Ю. Реконструкция истории лесных пожаров в южной части Мордовского заповедника в голоцене по данным анализа макроскопических частиц угля в торфе. В: Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича, 2021. Вып. 26. С. 176-192.
3. Novenko E., Tsyganov A., Volkova E., Kupriyanov D.A., Mironenko I.V., Babeshko K.V., Utkina A.S., Popov V., Mazei Y.A. 2016. Mid- and Late Holocene vegetation dynamics and fire history in the boreal forest of European Russia: A case study from Meshchera Lowlands. In: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Vol. 459. P. 570-584.
4. Зерницкая В.П., Матвеев А.В., Ракович В.А., Колосов И.Л. Позднеледниковая и голоценовая история развития Освейского водно-болотного комплекса на севере Беларуси. В: Літасфера, 2019. № 1 (50). С. 26–41.

S u m m a r y.

The results of the reconstruction of the landscapes of the Belarusian-Valdai Poozerie in the Holocene based on the data of the study of the new section Shkreda are presented. The results of a number of methods are compared: spore-pollen and anthracological analyses, losses during calcination and humification of peat, modeling of sediment growth, cluster analysis, radiocarbon dating. Three phases of vegetation development were distinguished corresponding to the Holocene and Late Glacial periods: I (16,000–9,500 cal. BP) - coniferous-deciduous forests with a significant participation of birch in the forest stand; II (9,500–5,700 cal. BP.) - coniferous-broad-leaved forests with a significant participation of thermophilic elements, III (5,700 cal. BP - present) - birch-pine forests with the formation of extensive swampy areas.

ФОРМИРОВАНИЕ ФРАДЖИПЕНА НА ПРИМЕРЕ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В КАРЕЛИИ

Л.А. Погосян¹, С.Н. Седов², Т. Пи-Пуиг³

¹*Факультет Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, lilit-tos@yandex.ru*

²*Instituto de Geología UNAM, Ciudad Universitaria, 04510, Cd. de México, México*

³*Instituto de Geología UNAM & LANGEM, Ciudad Universitaria, 04510, Cd. de México, México*

THE GENESIS OF FRAGIPAN: A CASE OF STUDY OF HOLOCENE RETISOL IN NORTH-EASTERN RUSSIA

L. Pogosyan^{1,2}, S. Sedov³, T. Pi-Puig⁴

¹*Faculty of Soil Science, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow*

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

³*Instituto de Geología UNAM, Ciudad Universitaria, 04510, Cd. de México, México*

⁴*Instituto de Geología UNAM & LANGEM, Ciudad Universitaria, 04510, Cd. de México, México*

Аннотация.

Фраджипен – срединный уплотненный почвенный горизонт, процесс формирования которого до сих пор не однозначен. В данной работе на основании данных микроморфологического и минералогического анализа была выявлены основные процессы и этапы формирования подзолистой почвы с фраджипеновым горизонтом в течение Голоцена. Мы предполагаем, что иллювиирование глины в данной почве происходило в атлантический период, а уплотнение и формирование фраджипена – в суббореальный.

Ключевые слова: фраджипен, смектиты, иллювиирование глины

Фраджипен, согласно международным классификациям почв [1, 2] — это срединный уплотненный почвенный горизонт, распространенный в почвах многих стран мира. Он характеризуется высокой плотностью, структурой из полигональных призм, разделенных трещинами, по которым проходят влага и корни, так как сами структурные отдельности слишком твердые. Находясь внутри почвенного профиля фраджипен проявляет себя как водоупорный горизонт и способствует поверхностному оглеению в вышележащих слоях почвы. Вопрос формирования фраджипена до сих пор остается открытым и было предложено несколько разных гипотез [3]. Одна из них – это формирование на месте многолетней мерзлоты в перигляциальных условиях, приблизительно в конце Позднего Плейстоцена [4]. Эта гипотеза хорошо соответствует карте распределения почв с фраджипенами в Соединенных Штатах Америки, где северная граница этого распределения совпадает с границей максимума висконсинского оледенения, в то время как восточная граница совпадает с современной границей леса [3]. Так же есть гипотеза о формировании фраджипена за счет процесса гидроконсолидации [5, 6]. В Прикарпатье формирование фраджипена связывают с присутствием смектита в составе глинистой фракции [7].

На территории России на данный момент фраджипен был описан единожды, в подзолистой почве на территории республики Карелия [8], в области, характеризующейся относительно молодым рельефом, почва сформировалась на морене Лужской стадии отступления ледника (около 13 тыс. лет) [9]. В связи с этим, данное исследование проводилось с целью выяснить, происходило формирование фраджипена, и как его формирование отразилось в свойствах профиля.

В результате микроморфологических исследований мы пришли к выводу, что иллювиирование глины происходило до формирования уплотненного горизонта, поскольку в собственно фраджипеновом горизонте признаки иллювиирования практически отсутствуют, в то время как в нижележащих горизонтах кутаны иллювиирования представлены обильно. Поскольку почвы имеет голоценовый возраст, мы предполагаем, что наиболее благоприятным периодом для протекания процесса иллювиирования и формирования собственно текстурно-дифференцированного профиля был Атлантический Оптимум. Такое мнение для почв схожего типа озвучивалось и ранее [10, 11, 12]. Позже климат стал холоднее и в переходной зоне между элювиальным и иллювиальным горизонтами образовался фраджипен, который ограничил вымывание глинистых минералов. Таким образом, мы предполагаем, что фраджипен сформировался после формирования профиля текстурно-дифференцированной почвы. Присутствие фраджипена вызвало поверхностное оглеение и образование железистых конкреций в горизонте E. Современное воздействие биогенной активности и криогенеза не нарушили строение фраджипена. что, вероятно, произошло во время максимума Голоцена.

Помимо этого, в результате минералогического анализа мы выяснили, что в исследуемой почве смектитовая составляющая глинистой фракции представлена только в горизонтах, располагающихся ниже фраджипена. Эти данные идут в разрез с предложенной моделью формирования почв в Прикарпатье [7], но мы считаем, что наличие минералов, способных к набуханию скорее способствовало бы появлению трещиноватости, каковой мы в фраджипене не наблюдаем.

ЛИТЕРАТУРА

1. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 2015
2. Soil Survey Staff, 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th edn. USDA-Natural Resources Conservation Service. (Washington, DC)
3. Bockheim, J.G., Hartemink, A.E., 2013. Soils with fragipans in the USA. *Catena*, 104, 233–242.
4. Van Vliet B, Langohr R (1981) Correlation between fragipans and permafrost with special reference to silty Weichselian deposits in Belgium and northern France. *Catena* 8, 137–154.
5. Assalay, A.M., Jefferson, I., Rogers, C.D.F., Smalley, I.J., 1998. Fragipán formation in loess soils: development of the Bryant hydroconsolidation hypothesis. *Geoderma* 83, 1–16.
6. Bryant, R.B., 1989. Physical processes of fragipán formation. In: Smeck, N.E., Ciolkosz, E.J. (Eds.), *Fragipans: Their Occurrence, Classification and Genesis*. SSSA Spec. Publ., 24. SSSA, Madison, Wisconsin, pp. 141–150.
7. Nikorych V., Szymański W., Polchyna S., Skiba M., 2014. Genesis and evolution of the fragipán in Albeluvisols in the Precarpathians in Ukraine. *Catena* 119, 154–165
8. Krasilnikov, P.V., Gerasimova, M.I., 2004. Soil Classification 2004. Field Excursion Guide. 6-8 August 2004, Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk. 34 p.
9. Svendsen, J.I., Alexanderson, H., Astakhov, V.I., Demidov, I., Dowdeswell, J.A., Funder, S., Gataullin, V., Henriksen, M., Hjort, C., Houmark-Nielsen, M., Hubberten, H.W., Ingolfsson, O., Jakobsson, M., Kjaer, K., Larsen, E., Lokrantz, H., Lunkka, J.P., Lysa, A., Mangerud, J., Matiouchkov, A., Murray, A., Möller, P., Niessen, F., Nikolskaya, O., Polyak, L., Saarnisto, M., Siegert, C., Siegert, M.J., Spielhagen, R.F., Stein, R., 2004. Late quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*, 23(11-13), 1229-1271.
10. Reuter, G., 1962. Lessive – Braunerde-Interferenzen auf Geschiebemergel. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd.* 98, 240 – 246.
11. Rohdenburg, H., 1978. Zur Problematik der späťglazialen und holozänen Bodenbildung in Mitteleuropa. *Beiträge zur Quartařr- und Landschaftsforschung*. Festschrift J. Fink, Hirt, Wien, 467 – 471.
12. Гагарина Э.И. Литологический фактор почвообразования (на примере Северо-Запада Русской равнины). Спб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004.

S u m m a r y.

The fragipan is a compacted subsurface horizon which occurs in many countries around the world. Its origin is still under discussion and there are several hypothesis of it formation, such as its formation in relation to permafrost of periglacial conditions of the Late Glacial period, hydroconsolidation or the presence of smectite clay as a compacting agent. In our research, we investigated how the fragic horizon incorporates to the Retisol profile and its relation to the soil formation. In Karelia region, North-Eastern Russia the fragipan was found in Retisol developed in glacial till of approximate age of 13 ka. The micromorphological analysis has shown that compaction occurred in the soil where the textural differentiation has already happened. We suppose that a compaction process has occurred in a Sub-Boreal period after a previous illuviation took place during the Atlantic optimum.

К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ СЕРЫХ ПОЧВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ

А.М. Прокашев^{1,2}, Е.С. Соболева¹, А.С. Матушкин¹

¹Вятский государственный университет, amprokashev@gmail.com

²Вятский государственный агротехнологический университет

OF THE ORIGIN OF GRAY SOILS VYATKA PRIKAMYE

A.M. Prokashev^{1,2}, E.S. Soboleva¹, A.S. Matushkin¹

¹Vyatka State University,

²Vyatka State Agrotechnological University

Аннотация.

Изложены материалы, отражающие результаты изучения генезиса серых почв со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ) зоны смешанных лесов востока Русской равнины. Используются традиционные методы почвенных исследований, включая радиоуглеродное датирование гумуса. Обоснованы остаточная – реликтовая – природа гумуса ВГГ и время его формирования в атлантическую стадию голоцена. Сделан вывод о деградиационном тренде развития почв во второй половине послеледниковья и перспективах трансформации в дерново-подзолистые почвы с ВГГ.

Ключевые слова: серые почвы, генезис, эволюция в голоцене

Исследования и дискуссии по проблеме генезиса серых (лесных) почв имеют длительную историю, фактически с момента зарождения науки о почве в конце XIX в. Они связаны с именами ряда отечественных ученых, главным образом почвоведов, геоботаников и географов: В.В. Докучаева, С.И. Коржинского, Г.И. Танфильева, В.И. Талиева, П.Н. Крылова, В.Р. Вильямса, И.В. Тюрина и др. Одной из причин дискуссий было экотонное положение ареалов серых лесных почв на стыке лесного и степного биомов [1; 2]. В.В. Докучаев считал эти почвы адекватными лесостепным условиям. С.И. Коржинский трактовал в качестве продукта деградации черноземов при «наступлении леса на степь». Г.И. Танфильев связывал с деградацией черноземовидных почв при подкисляющим влиянии лесной растительности. И.В. Тюрин выводил генезис из дерново-глеевых почв при усилении степени дренирования территории. В.И. Талиев рассматривал как результат проградации подзолистых почв. В.В. Пономарева обосновывала концепцию современной инфильтрационно-иллювиальной природы ВГГ серых почв. В.М. Алифанов относил ВГГ к доголоценовым надмерзлотным инфильтрационно-аккумулятивным образованиям. А.О. Макеев допускал погребенный генезис ВГГ. Основная причина дискуссий объясняется разнообразием условий и возможных путей формирования серых почв в зависимости от конкретных физико-географических условий – от широколиственных лесов на западе зоны,

до мелколиственных осиново-берёзовых или сосново-берёзовых с примесью лиственницы формаций – на востоке страны; повсеместно с обильной травяной растительностью.

Объекты исследований – подтип серых почв рода с ВГГ – AEL[hh] – Вятского Прикамья (ВП) на примере разр. У-27. Предмет исследования: морфология, минеральная, органическая часть, генезис и эволюция почв. Он изучен с привлечением комплекса традиционных методов, включая фракционно-групповой состав гумуса и ¹⁴C-датирование. Результаты исследований представлены ниже.

Серые почвы ВП формируются под смешанными (липовые и орешниковые рамени), вторичными (берёзовыми и хвойно-мелколиственными) лесами и агроценозами на покровных суглинках, а также элювии пермских глин или выщелоченных дериватах глинистых мергелей при сумме $T > 10^0 = 2000–2150$ °С, годовом количестве осадков 480–500 мм, КУ по Иванову – 0,95, периодически промывном типе водного режима (рис. 1).

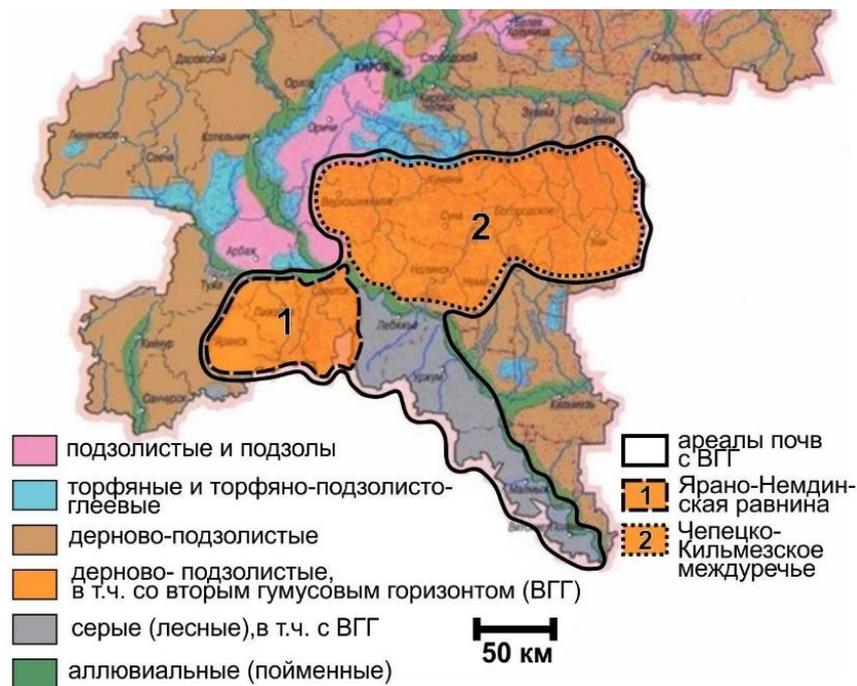


Рис. 1 – Фрагмент карта-схемы почв Вятского Прикамья

Разрез У-27 агросерой глинистой почвы на покровном карбонатном суглинке заложен на территории Уржумского плато. Рельеф – верхняя, близкая к платообразной поверхность Байсинско-Буйского междуречья.

Угодье – поле под посевом ячменя. Увлажнение атмосферное, достаточное (рис. 2).



Рис. 2 – Вид профиля разреза У-27
(под пахотным слоем виден тёмный ВГГ)

Гор. РУ (0–30 см): влажный, коричневато-серый, глинистый, ореховато-комковатый, с признаками пылеватой, рыхлый, корней много, переход ясный, волнистый, заметный по изменению окраски и структуры.

Гор. АЕL[hh] (30–52 см): влажноватый, углисто-серый, со сталистым оттенком, глинистый, зернисто-плитчатый, уплотненный, слабая белесая присыпка скелетаны на поверхности агрегатов, корней мало, переход ясный, волнистый, местами языковатый – до глубины 55 см.

Гор. ВЕL (52–62 см): влажноватый, белесовато-буроватый, зернисто-ореховатый, с признаками плитовидности, плотный, на поверхности агрегатов осветленная скелетана, особенно заметная по порам и корневым ходам (в форме сетчатых прожилок), корни редкие, переход ясный, волнисто-языковатый.

Гранулометрический состав разреза У-27 представлен в табл. 1. Основная доля в составе минеральной матрицы принадлежит двум фракциям – крупной пыли и ила, что типично для почв на покровных суглинках региона. Показательно меньшее количество ила в аккумулятивно-элювиальных горизонтах на фоне увеличения в них пылеватых частиц. Расчёты свидетельствует о существенном перераспределении ила и его ведущей роли в

дифференциации профиля. Последнее типично для серых почв с ВГТ ВП. Коэффициент глинистой дифференциации (КД) профиля без учета плотности различных горизонтов составляет 2,34, а с учетом объёмной массы (S) – 2,43, т.е. соответствует сильной степени контрастности.

Таблица 1 Гранулометрический состав серой почвы Вятского Прикамья (разр. У-27)

Горизонт, глубина образца, см	ОМ, г/см ³	Содержание фракций в мм, %							Накопле ние ила (±), %
		1– 0,25	0,25 –0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	<0,01	
РУ 0–30	1,44	0,1	11	43	10	15	21	46	–41
АЕЛ[hh] 30–35	1,54	0,2	3	46	16	16	19	50	–47
АЕЛ[hh] 40–50	1,54	0,2	9	44	12	18	17	47	–54
ВЕЛ 52–62	1,56	0,1	11	42	9	12	26	47	–28
ВТ1 75–85	1,63	0,1	8	40	6	13	34	52	–7
ВТ2са 95–105	1,60	0,2	5	40	7	8	39	55	+8
ВС 115–125	1,52	0,6	6	37	8	9	38	56	+6
С 135–145	н.о.	5,8	12	30	6	11	36	53	-
С 155–165	н.о.	5,4	5	28	7	13	42	62	-
С 175–185	н.о.	9,6	9	20	6	11	44	62	-

Валовой химический состав коррелирует с гранулометрическим, подтверждая факт элювиально-иллювиальной неоднородности профиля (табл. 2). Это объясняется в первую очередь соответствующим распределением ряда оксидов макроэлементов: Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO. Илистая фракция, напротив, отличается весьма стабильным химическим составом большинства макроэлементов.

Таблица 2 Валовой химический состав серой почвы Вятского Прикамья (разр. У-27)

Горизонт, глубина образца, см	Процент от прокаленной массы									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
РУ 0–30	76,7	11,4	4,1	1,3	1,2	1,6	2,5	0,86	0,20	0,14
АЕЛ[hh] 30–35	77,7	10,9	3,8	1,3	1,1	1,6	2,4	0,87	0,24	0,16
АЕЛ[hh] 40–50	78,0	10,7	3,7	1,3	1,0	1,6	2,4	0,89	0,25	0,16
ВЕЛ 52–62	74,7	12,7	5,1	1,2	1,6	1,3	2,4	0,82	0,10	0,10
ВТ1 72–82	73,2	13,4	5,8	1,2	1,8	1,3	2,3	0,84	0,08	0,11
ВТ2са 95–105	72,4	14,0	6,0	1,2	1,8	1,2	2,3	0,84	0,08	0,10
ВС 115–125	71,2	14,5	6,3	1,2	2,0	1,3	2,3	0,85	0,11	0,11
С 135–145	72,4	13,8	6,1	1,2	2,0	1,2	2,2	0,79	0,10	0,11
С 155–165	71,0	14,4	6,5	1,3	2,1	1,2	2,3	0,81	0,10	0,10
С 175–185	71,4	14,3	6,6	1,3	2,2	1,1	2,3	0,78	0,13	0,10

Фракционно-групповой состав органического вещества (ОВ) в целом типичен для этой генетической группы (табл. 3). Гумусово-аккумулятивная

толща имеет фульватно-гуматный и гуматный состав, иллювиальная часть профиля – фульватный. В ВГГ показатель гуматности, как правило, превышает величину 2,5. В составе гуминовых кислот (ГК) характерно преобладание чёрной фракции, связанной с кальцием, доля которой особенно велика в низах ВГГ. Результаты радиоуглеродного датирования ГК указывают на формирование ОВ гор. АЕL[hh] около 7,5–6,5 тыс. лет назад (лаб. № образцов: ЛУ-4636, ЛУ-4636) и свидетельствуют о гетерохронности гумуса и полигенезе данной почвы.

1. Таблица 3. Состав гумуса серой почвы Вятского Прикамья (разр. У-27) (% от общего углерода)

Горизонт, глубина, см	С общ.	ГК1	ГК2	Сумма СГК	ФК1а	ФК1	ФК2	Сумма СФК	НО	СГК:СФК
	%									
РУ 0–30	2,2	8	19	28	7	8	3	19	54	1,5
АЕL[hh] 30–35	2,0	14	14	28	5	12	4	21	51	1,4
АЕL[hh] 40–50	1,9	13	27	41	6	9	0,5	16	44	2,6
ВЕL 52–62	0,4	8	33	41	22	5	5	32	27	1,3
ВТ1 72–82	0,4	-	-	-	24	-	-	-	-	-

Серая почва с ВГГ в целом имеет много признаков сходства с аналогичными современными почвами лесостепи. В то же время нижняя часть её гумусовой толщи является реликтом раннеголоценовой – атлантической – стадии педогенеза. Нахождение в подзоне смешанных лесов ВП диссонирует с представлениями о лесостепном происхождении серых почв. Их наличие здесь, на контакте лесной зоны и лесостепи, объясняется сложной историей развития ландшафтов и почвенного покрова в поздне- и послеледниковый этап голоцена. В атлантическую фазу раннего голоцена – около 8–5 тыс. л.н. – на юге Вятского края, примерно до долины р. Чепца, на 200–250 км севернее, чем сейчас существовали ландшафты, близкие по облику к лесостепным. Они обеспечили прогрессивную развивающую эволюцию почв с элементами наследующей и формирование тёмноцветных почв с мощностью гумусовых горизонтов до 50 см и более.

Во второй половине голоцена, менее 5 тыс. л.н., наметилось быстрое возвратное смещение природных зон к югу. Лесостепные ландшафты ВП сменились широколиственно-хвойными лесами. Это спровоцировало явления

деградации серых почв: выщелачивание, подкисление почв, уменьшение мощности гумусовых горизонтов, превращение их нижних частей в остаточные – реликтовые – образования, с сохранением наиболее устойчивых – гуматных – компонентов ОВ. Позднеголоценовая – суббореально-субатлантическая – стадия соответствует типу наследующей эволюции с элементами стирающей. Её итогом явились существенные изменения морфологии профиля и диагенетические преобразования минеральной и органической составляющих твердой, а также жидкой фазы почв.

Таким образом, начиная с суббореального времени и до наших дней ведущим трендом в развитии серых почв ВП стало регрессивное, умеренно деградационное по направленности развитие. При сохранении ведущей роли биоаккумулятивных процессов педогенеза, последние существенно тормозятся из-за усиления элювиальных. Их временная последовательность выглядит следующим образом: выщелачивание → лессиваж → (элювиально-глеевый процесс) → деградация гумуса. Дальнейшее продолжение подобного тренда спонтанной эволюции, вызванной экзогенными – биоклиматическими – причинами, приведет эти почвы к постепенной дальнейшей деградационной трансформации по схеме: дерново-подзолистые почвы с ВГГ → (агро-)дерново-подзолистые почвы. В агроландшафтах большие площади серых почв и ныне уже почти не сохранили реликтовых феноменов в результате постепенного припахивания ВГГ и сопутствующей водной эрозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валеева А.А. (2014) Серые лесные почвы Волжско-Камской лесостепи: количественный подход к классификации. Диссертация. Казанский госуниверситет.
2. Прокашев А.М. Серые лесные полигенетические почвы Вятского Прикамья. Киров : Изд-во ВятГГУ, 2006. 187 с.

Summary.

The gray soils of the Vyatka Kama region were formed in the Atlantic stage of the Holocene. From the subboreal period to the present day, the leading trend in the development of gray soils has been regressive, moderately degraded in direction spontaneous development. Further continuation of this trend will lead these soils to further degradation transformation according to the scheme: sod-podzolic soils with SHH → (agro-) sod-podzolic soils.

АЛЛОХТОННЫЕ БИОФОССИЛИИ КАК ПОКАЗАТЕЛИ АКТИВНОСТИ ЦИКЛОГЕНЕЗА В РАЙОНЕ ШАНТАРСКИХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ

Н.Г. Разжигаева¹, Л.А. Ганзей¹, Т.А. Гребенникова¹, Л.М. Мохова¹,
В.В. Пономарев², В.В. Чаков³, М.А. Климин³

¹*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, nadyar@tigdvo.r*

²*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, Владивосток, ponomarev@poi.dvo.ru*

³*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, chakov@iver.as.khb.ru*

ALLOCHTHONOUS BIOFOSSIL AS INDICATOR OF CYCLOGENESIS INTENSITY NEAR SHANTAR ISLANDS IN THE HOLOCENE

N.G. Razjigaeva¹, L.A. Ganzey¹, T.A. Grebennikova¹, L.M. Mokhova¹,
V.V. Ponomarev², V.V. Chakov³, M.A. Klimin³

¹*Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok*

²*Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok*

³*Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk*

Аннотация.

Изучение состава аллохтонных биофоссилий (морских диатомей и пыльцы) в разрезе покровного торфяника острова Большой Шантар позволило восстановить аномалии атмосферной циркуляции в западной части Охотского моря за последние 12.6 тысяч лет. Цель работы определить периоды интенсификации глубоких циклонов и экстремальных штормов в голоцене. Состав аллохтонных биофоссилий подвержен значительному влиянию аномалий зональных и меридиональных переносов в атмосфере, связанных с аномалиями муссонной системы Северо-Восточной Азии, атмосферных фронтов и траекторий циклонов. Выделены периоды усиления циклогенеза, оказывающее большой влияние на развитие островных экосистем.

Ключевые слова: биоаэрозоли, диатомей, пыльца, экстремальные шторма, аномалии атмосферной циркуляции, муссон

Введение. На севере о. Большой Шантар обнаружен торфяник, который накапливался с позднеледникового, что дало возможность получить непрерывную запись развития болотных экосистем и островных ландшафтов за последние 12.6 тысяч лет [2]. В торфе обнаружены морские диатомей, которые могли заноситься на сушу в периоды высокой штормовой активности, связанной с прохождением глубоких циклонов [8]. Аллохтонные диатомей включают и озерно-реофильные виды, которые могли переноситься в наводнения. В спорово-пыльцевых спектрах, в том числе и субфоссильных, содержится большое количество пыльцы пихты, сосны и широколиственных, которые в настоящее время не растут на островах [3]. Анализ распределения этой пыльцы может служить показателем переноса воздушных масс с континента в вегетационный период. Аллохтонные морские диатомей и пыльца рассматриваются, как компоненты биоаэрозолей, которые могут переноситься на расстояния сотен и тысяч км и включать вирусы, бактерии, пыльцу, споры

низших растений и грибов, плесень, диатомеи, остатки насекомых, растений и другие биочастицы, вплоть до эндотоксинов [4]. Это повышает актуальность исследований по оценке возможностей переноса биоаэрозолей при климатических флуктуациях голоцена. Важным источником поступления аэрозолей в атмосферу является морская среда. При волнении на поверхности моря образуются мельчайшие пузырьки, которые лопаются с образованием большого количества капель, поступающих в аэрозоль. При этом в аэрозоли могут попадать и микроорганизмы [4]. Цель работы: на основе анализа состава аллохтонных биофоссилий (пыльца и диатомеи) оценить возможные расстояния переноса биоматериала в разные периоды голоцена, определить периоды проявления частых и сильных штормов и получить информацию об особенностях атмосферных процессов в голоцене.

Материалы и методы. Объектом исследования выбраны Шантарские острова, на которых состав аллохтонных биофоссилий подвержен значительному влиянию аномалий зональных и меридиональных переносов в атмосфере, связанных с аномалиями муссонной системы Северо-Восточной Азии, атмосферных фронтов и траекторий циклонов. Сильный ветер различных направлений и высокая штормовая активность являются характерной особенностью атмосферных процессов над прилегающей частью Охотского моря. Реконструкции проведены на основе изучения разреза покровного торфяника на уплощенном водоразделе р. Тундровая. Абс. высота водораздела до 85 м. Здесь расположено олиготрофное травяно-сфагновое болото с признаками регрессивного развития [7]. Общая мощность разреза 390 см. Стратиграфическое изучение включало ботанический, диатомовый и спорово-пыльцевой анализы с использованием стандартных методик. Проведен подсчет общего содержания остатков морских и солоноватоводных диатомей в 1 грамме воздушно сухого осадка и посчитана концентрация остатков разной величины: до 10 мк, 10-20 мк и более 20 мк. Из растений, которые растут на Шантарских островах, информативным для восстановления активности зимних циклонов является кедровый стланик [2, 8], для развития которого необходим устойчивый и глубокий снежный покров. Возраст определен на основе 6 радиоуглеродных датировок с построением возрастной модели по программе Bacon 2.

Результаты и обсуждение. Обнаружение морских диатомей и аллохтонной пыльцы, которые были перенесены на Шантарские острова в виде биоаэрозолей позволяют выделить 15 фаз повышенной штормовой активности, изменения циркуляции и интенсивного циклогенеза за последние 12650 лет. Морские диатомеи являются косвенными индикаторами активизации циклогенеза в этой части Охотского моря, связанной с прохождением тайфунов и глубоких циклона осенью до замерзания прибрежных вод. В конце плейстоцена и раннем голоцене диатомеи могли переотлагаться с осушенных участков шельфа. В среднем голоцене, когда уровень моря достиг современных значений или превышал его, поступление морских диатомей шло только с поверхности моря. Диатомовые водоросли, живущие на морском льде или вблизи кромки льда, встречались только, начиная с 6810 лет до последних десятилетий.

Состав биоаэрозолей заметно отличается в холодные и теплые периоды. В холодные эмиссия биоаэрозолей шла при волнении в открытом море на большом расстоянии от острова. В аэрозоль захватывались преимущественно океанические и неритические диатомеи. Прилегающая акватория была покрыта льдом, препятствующим развитию штормов на мелководье. В теплые периоды основная эмиссия биоаэрозолей происходила в близлежащих акваториях. В состав биоаэрозолей входили преимущественно сублиторальные виды, обитавшие в открытых заливах, распресненных шлейфах на морском мелководье и лагунах. Основная эмиссия биоаэрозолей шла при сильных порывах ветра в зоне обрушения волн. В раннем голоцене морские диатомеи могли переотлагаться и с осушенного шельфа. В среднем голоцене, когда уровень моря достиг современных значений или превышал его, поступление морских диатомей шло только с морской поверхности. Биоаэрозоли состояли преимущественно из сублиторальных видов. Интенсивные фазы штормовой активности связаны с крупными перестройками атмосферной циркуляции при переходе от потеплений к похолоданиям. Сравнение данных по присутствию морских диатомей и увеличению пыльцы кедрового стланика, индикатора устойчивого снежного покрова, позволило выделить периоды усиления циклогенеза в холодный сезон. Наиболее длительные периоды усиления циклогенеза выделены от 9200 до 6440 л.н. и 2960-1820 л.н.

Поступление аллохтонной пыльцы является свидетельством активизации континентальных циклонов в начале вегетационного периода, т.е. при смене зимней циркуляции на летнюю. Наиболее далекий перенос пыльцы широколиственных (более 1500 км) происходил в позднем дриасе-раннем голоцене с южными циклонами. В голоцене увеличение содержания пыльцы сосны свидетельствует об активности западных и северо-западных циклонов, пихты – западных и юго-западных, широколиственных – юго-западных и южных. В позднем дриасе-раннем голоцене с биоаэрозолями переносилась и пыльца ели. Еловые леса появились на данной территории около 7610 кал. л.н. [2]. В голоцене периоды усиления континентальных циклонов над северо-западной частью Охотского моря и Шантарскими островами в летнее время, как правило, совпадали с периодами активизации зимнего циклогенеза. Состав аллохтонной пыльцы связан и со смещением границы ареалов в различные периоды голоцена.

Современные и палеоокеанологические данные для позднеледниковья-голоцена показывают, что зимняя атмосферная циркуляция в районе Охотского моря, как и его ледовитость, во многом зависят от положения Сибирского антициклона и Алеутской депрессии [1, 5]. В позднеледниковье–голоцене, а также современный период в 20-начале 21 века положение этих центров действия атмосферы претерпевали изменения, которые сопровождаются изменениями атмосферных фронтов, интенсивности циклогенеза, траектории циклонов и повторяемость экстремальных погодных явлений, включая штормы и осадки. Большое влияние на эмиссию морских биоаэрозолей оказывало существование полыньи в северной части моря, развитию которой способствовали сильные западно-северо-западные ветры [6].

Выводы. Распределение аллохтонных диатомей и пыльцы в разрезе торфяника о. Большой Шантар дало информацию об аномалиях атмосферной циркуляции в осенне-зимний сезон и при перестройке зимней циркуляции на летнюю. Выделено 15 фаз повышенной штормовой активности, когда на остров выносились биоаэрозоли, с которыми в торфяник поступали морские виды диатомей. Предполагается, что основные экстремальные шторма проходили в осенне-зимний сезон и связаны с прохождением над морем глубоких циклонов. Состав биоаэрозолей заметно отличается в холодные и теплые периоды. Наиболее интенсивные фазы штормовой активности связаны с крупными

перестройками атмосферной циркуляции при переходе от потеплений к похолоданиям. Поступление аллохтонной пыли является свидетельством активизации континентальных циклонов при смене зимней циркуляции на летнюю. Оценка возможных путей переноса биочастиц воздушным путем за длительные промежутки времени становится особенно актуальным направлением в свете последних геополитических событий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект 22-27-00222 (<https://rscf.ru/project/22-27-00222>).

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебова С.Ю. Осенне-зимний циклогенез над Тихим океаном и Дальневосточными морями и его влияние на развитие ледовитости // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 191. С. 147–159.
2. 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 // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40. № 3. С. 85–102.
3. Шлотгауэр С.Д., Крюкова М.В. Растительный покров Шантарских островов // География и природные ресурсы. 2012. №3. С. 110–114.
4. Fröhlich-Nowoisky J., Kampf C.J., Weber B., Huffman J.A., Pöhlker C., Andreae M.O., Lang-Yona N., Burrows S.M., Gunthe S.S., Elbert W., Su H., Hoor P., Thines E., Hoffmann T., Després V.R., Pöschl U. Bioaerosols in the Earth system: Climate, health, and ecosystem interactions // Atmospheric Research. 2016. V. 182. P. 346–376.
5. Itaki T., Ikehara K. Middle to late Holocene changes of the Okhotsk Sea Intermediate Water and their relation to atmospheric circulation // Geophysical Research Letters. 2004. V. 31. P. L24309.
6. Katsuki K., Khim B-K., Itaki T. Sea-ice distribution and atmospheric pressure patterns in southwestern Okhotsk Sea since the Last Glacial Maximum // Global and Planetary Change. 2010. V. 72. P. 99–107.
7. Kutenkov S., Chakov V., Kuptsova V. Topology, vegetation and stratigraphy of Far Eastern aapa mires (Khabarovsk Region, Russia) // Land. 2022. V. 11. P. 96.
8. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Mokhova L., Ponomarev V., Chakov V., Klimin M. Bioaerosols as evidence of atmospheric circulation anomalies over the Okhotsk Sea and Shantar Islands in the late Glacial–Holocene // Climate. 2022. V. 10. P. 24.

S u m m a r y.

Allochthonous biofossil (marine diatoms and pollen) distribution in the blanket peat bog section of Bolshoy Shantar Island was used to analyze atmospheric circulation anomalies in the north-western Okhotsk Sea over the last 12.6 ka. The study was aimed to determine periods of intensification of deep cyclones and extreme storms. The composition of allochthonous biofossil was significantly influenced by atmospheric zonal and meridional transport anomalies associated with anomalies of the monsoon system of Northeast Asia, atmospheric fronts and cyclone trajectories. Periods of more intensive cyclogenesis played an important role in island ecosystem development.

ГОЛОЦЕН КОЛЬСКОГО ЖЕЛОБА БАРЕНЦЕВА МОРЯ: ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

О.В. Руденко¹, Л.В. Поляк²

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орел,
olrudenko2011@yandex.ru

²Центр полярных и климатических исследований Берда, Университет Огайо, Колумбус,
США, polyak.1@osu.edu

HOLOCENE OF THE KOLA TRENCH, BARENTS SEA: POLLEN-BASED PALAEORECONSTRUCTION

O.V. Rudenko¹, L.V. Polyak²

¹Ivan Turgenev Orel State University, Orel

²Byrd Polar and Climate Research Center, the Ohio State University, Columbus

Аннотация.

Изучены растительные микроостатки (пыльца, споры, водные палиноморфы) в осадках 3,8-метровой колонки PL96-110 из Кольского желоба (69 29.5 с.ш., 33 49.6 в.д.), поднятой с глубины 295 м. Согласно полученным 7 AMS¹⁴C датировкам, колонка вскрыла толщу осадков, накапливавшихся непрерывно в течение последних 11,8 тыс. кал. лет, таким образом, полученные пыльцевые архивы характеризуют изменения условий среды с разрешением примерно в 100-400 лет. Разрез представлен тремя литокомплексами, вмещающими характерные ассоциации палиноморф, объединенные в 6 палинозон и свидетельствующие о последовательном характере изменения природных обстановок от дегляциальных суровых к нормально-морским с заметным влиянием течений, в том числе и трансформированных атлантических вод.

Ключевые слова: пыльца, водные палиноморфы, палинозональная стратиграфия, радиоуглеродная хронология, биоиндикаторы

Геолого-геофизические исследования с применением донного опробования и инженерно-геологического бурения в ходе геологической съемки шельфа Баренцева моря масштаба 1:1 000 000, в которых в течение ряда лет принимали участие авторы, позволили получить уникальный фактологический материал для изучения верхнекайнозойских осадков шельфа и работы над созданием региональной схемы их биостратиграфического расчленения, а также реконструкции природных обстановок морского бассейна и его материкового обрамления. В решении этих задач успешно применялся палинологический метод, включавший, помимо изучения комплексов спор и пыльцы, исследование ассоциаций водных палиноморф (пресноводных зеленых водорослей и морских цист динофлагеллат), что позволило получить информацию о ледово-гидрологических условиях бассейна осадконакопления. На основе интерпретации данных многочисленных палинодиаграмм установлены региональные особенности палинозон и последовательность фаз трансформации растительного покрова материкового обрамления, обоснованы

выводы об изменениях ледово-гидрологических обстановок различных участков Баренцева моря в позднем плейстоцене-голоцене, проведена корреляция отложений, формировавшихся в различных морфодинамических условиях [1, 2, 3, 4]. Выделенные палинозоны скоррелированы с осадочными сейсмостратиграфическими комплексами (ОССК) баренцевоморского региона [5, 6, 7]. Однако, «слабым звеном» этих исследований была недостаточная обеспеченность данными абсолютной хронологии. Для восполнения этого пробела в палинологических исследованиях в настоящем сообщении приводятся результаты изучения растительных микроостатков в донных осадках 3,8-метровой колонки PL96-110, поднятой в рейсе НИС «Профессор Логачев» в 1996 г. в Кольском желобе (69° 29.5' с. ш., 33° 49.6' в. д.) с глубины 295 м. По колонке получены 7 радиоуглеродных датировок в Arizona AMS Laboratory (США). Возрастная модель разреза построена на основе интерполяции между календарными датами, полученными путем их калибровки с помощью программы Calib.7 [8]. Колонку, вскрывшую толщу осадков, накапливавшихся непрерывно последние 11,8 тыс. кал. лет, можно считать опорной для юго-западной части Баренцева моря. Изученные образцы характеризуют изменения комплексов микрофоссилий и условий среды с разрешением примерно в 100-400 лет.

Верхняя часть разреза (0-260 см) представлена мягкими слабопесчанистыми илами, более опесчаненными в интервале ~70-135 см. В интервале 260-320 см вскрыты пластичные коричневатые глинистые илы, в интервале 320-380 см - серый, относительно мягкий диамиктон с обильным грубообломочным материалом. Эти три литокомплекса интерпретированы как (1) морские отложения голоцена, контролируемые течением и, вероятно, переотложением тонких осадков с мелководья, (2) водно-ледниковые отложения переходной стадии, и (3) ледниково-морские осадки финала дегляциации с еще значительным айсберговым разносом.

Каждый литокомплекс вмещает характерные ассоциации микрофоссилий, отражающие климатообусловленные изменения природных обстановок в конце дегляциации и на этапе установления нормально-морского режима. В нижних 60 см зарегистрированы лишь немногочисленные пыльца и споры дочетвертичного возраста – численно доминирующая пыльца *Pinus* и *Picea*, а также *Ginkgo* sp., *Podocarpus unica* Bolch., *Taxodiaceae/Cupressaceae*, *Cycas*

glabra, *Bennettites* spp., многочисленные споры *Gleichenia delicata*, *G. laeta* и *Polypodiaceae*.

Переходному литокомплексу соответствует единая палинозона с крайне низкой концентрацией палиноморф и доминированием в пыльцевой части спектра *Betula nana*-type, в споровой – *Sphagnum*. В ассоциации водных палиноморф зарегистрированы лишь колониальные водоросли рода *Pediastrum*, что свидетельствует о значительном влиянии стока с суши и сильном распреснении бассейна.

Осадки первого литокомплекса, сформированного в нормально-морских условиях, вмещают комплексы пыльцы, спор и водных палиноморф, объединенные в 4 палинозоны (ПЗ). ПЗ имеют четкие особенности и отражают последовательные фазы трансформации растительного покрова прилегающей суши в ходе трансгрессии. Переход к морскому типу осадконакопления характеризуется резким уменьшением содержания песчаной фракции, материала ледового разноса и доли переотложенных докайнозойских спор и пыльцы (со 100 до менее 10%), а также появлением в ассоциации водных палиноморф морских цист динофлагеллат с глубины 230 см, соответствующей, согласно возрастной модели, 10 тыс. кал. лет. Резкое увеличение их концентрации (до 2000 экз/г) с интервала 90 см, доминирование в составе ассоциации бореального автотрофного вида *Operculodinium centrocarpum* и постоянное присутствие *Spiniferites elongatus* и, единично, *S. ramosus*, можно рассматривать как свидетельство усиления затока в бассейн относительно теплых трансформированных атлантических вод [9].

ПЗ-1 (260-200 см; 10.4-8.8 тыс. кал. л.) отличается низкой концентрацией палиноморф (не более $1-15 \times 10^3$ экз/г) и абсолютным доминированием пыльцы тундровых кустарничков (*Betula nana*-type, *Salix*, *Alnaster fruticosa*, в сумме до 70%), в травянистой части спектров – господством пыльцы злаков и полыней, а в споровой – разнообразных плаунов (до 65-70% в сумме), что свидетельствует о суровых климатических условиях на прилегающей суше, где могли существовать лишь перигляциально-тундровые сообщества. ПЗ-1 является региональной и прослежена в различных участках периферии Баренцева моря и Центральной впадине [3]. ПЗ 2 (200-150 см; 8.8-7.1 тыс. кал. л.) характеризует условия нарастания тепло- и влагообеспеченности в ходе трансгрессии, о чем свидетельствует довольно резкое увеличение доли пыльцы древовидных берез

(до 40%) и ольхи (до 15%). Отражает фазу распространения березовых лесов на побережье.

ПЗ-3 (150-90 см; 7.1-4.5 тыс. кал. л.) формировалась в период наиболее активного влияния течений и характеризуется доминированием легкоплавающих спор *Polypodiaceae* и пыльцы *Pinus silvestris*, в том числе максимальным количеством разорванной и деформированной. Постоянно присутствует пыльца ели, ольхи, древовидных берез, «экзотическая» для региона пыльца широколиственных пород, что в сумме является показателем оптимальности климатических условий. Обилие пыльцы осок и непрерывное увеличение содержания спор сфагнумов свидетельствует о развитии процессов торфообразования на суше. Пыльца широколиственных пород растений (*Quercus*, *Corylus*, *Ulmus*, *Tilia*, в сумме до 6%) встречена только в интервале разреза, которому соответствует период особо активного влияния течений по данным гранулометрического анализа (с кульминацией примерно 3.0 тыс. кал. л.), что подтверждает точку зрения [3] о водном заносе этой пыльцы с трансформированными атлантическими водами из европейского региона.

В ПЗ-4 (90-0 см; 4.5 тыс. кал.л.- наст время) резко увеличивается концентрация палиноморф (до 150×10^3 экз/г). Вместе с тем, исчезает пыльца теплолюбивых элементов, а в ассоциации водных палиноморф вновь увеличивается количество холодноводных гетеротрофных видов диноцист (*Selenopemphix quanta*, *Lingulodinium* sp.), криофильного *Islandinium minutum* и колониальных водорослей рода *Pediastrum* и *Botriococcus braunii*. Легко транспортабельные пыльца сосны, споры сфагнумов и папоротников становятся доминантами палиноспектров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руденко О.В. Биостратиграфия и корреляция позднеплейстоцен-голоценовых осадков юго-западной части Баренцева моря //Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып.10-11: Приложение к журналу «Геология и геофизика». 2008. Т. 49. Новосибирск: Изд-во СО РАН. С. 464-467.
2. Руденко О.В. Изменения природной среды Восточно-Баренцевоморского региона в голоцене по материалам изучения субфоссильных и ископаемых пыльцевых спектров Новоземельского шельфа //Проблемы Арктики и Антарктики. Вып. №3(89). СПб. 2011. С.33-42.
3. Руденко О.В. Палиностратиграфия ледово-морских и морских осадков Баренцева моря //Система Баренцева моря /А.П. Лисицын, М.Д. Кравчишина, В.П. Шевченко и др. Москва: ГЕОС. 2021. С. 51-63. DOI: 10.29006/978-5-6045110-0-8/(7).
4. Руденко О.В., Тарасов Г.А. Изменения природной среды Северо-Канинского региона в голоцене (по палинологическим данным) //Вестник ЮНЦ РАН. Т. 8. № 1. 2012. С. 38-46.

5. Гриценко И.И., Крапивнер Р.Б. Новейшие отложения Южно-Баренцевского региона: осадочные (седиментационные) сейсмостратиграфические комплексы и их вещественный состав //Новейшие отложения и палеогеография северных морей. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР. 1989. С.28-45.
6. Лопатин Б.Г., Мусатов Е.Е. Сейсмостратиграфия неоген-четвертичных отложений Баренцево-Карского шельфа // Советская геология. 1992. Выпуск 6. С. 56-61.
7. Митяев М.В., Хасанкаев В.Б., Тарасов Г.А., Голубев В.А. Морфоструктуры западной части Баренцевоморского шельфа // Океанология. 2003. Т. 43. № 4. С. 611-620.
8. Stuiver M, Braziunas TF. Modeling atmospheric ^{14}C influence and ^{14}C marine ages of marine samples to 10 000 BC // Radiocarbon. 1993. V. 35. P. 137-189.
9. Matthiessen J. Distribution patterns of dinoflagellate cysts and other organic-walled microfossils in Recent Norwegian-Greenland Sea sediments //Marine Micropaleontology. 1995. V. 24. P. 307-334.

S u m m a r y.

Plant microremains (pollen, spores, aquatic palynomorphs) in the sediments of AMS ^{14}C -dated core PL96-110 from the Kola Trench (69 29.5 N, 33 49.6 E; CL - 3.8-m, SD - 295 m) have been studied. According to 7 AMS ^{14}C dates, the core revealed sediments which have been accumulated continuously during the last 11.8 thousand cal. years, thus, the obtained pollen archives characterize changes in environmental conditions with a resolution of approximately 100-400 years. The core section is represented by 3 lithocomplexes which contain characteristic associations of palynomorphs. They were united into 6 palynozones each testifying to the consistent changes of environments from severe late-deglacial to normal marine with a noticeable influence of currents, including transformed Atlantic-derived waters.

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПЛЕЩЕЕВОМ ОЗЕРЕ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

А.И. Рудинская¹, Е.А. Константинов¹, Л.Гедминиене²

¹Институт географии РАН, г.Москва, rudinskaya94@gmail.com

²Национальный исследовательский центр Литовской академии наук, Вильнюс, Литва

CONDITIONS OF SEDIMENTATION IN THE LAKE PLESHCHEVO IN THE LATE HOLOCENE

A.I. Rudinskaya¹, E.A. Konstantinov¹, L. Gedminiene²

¹Institute of Geography RAS, Moscow, Russia, rudinskaya94@gmail.com

²Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania, laura.gedminiene@gamtc.lt

Аннотация.

Современные представления об истории Плесеева озера опираются главным образом на материалы геолого-съёмочных работ 50-80-х гг. XX века и результаты отдельных исследований в последние десятилетия. Тем не менее, данных о колебаниях уровня озера, изменении его трофности, темпах осадконакопления, ритмах эрозии на водосборе в голоцене сравнительно мало. Для ее уточнения были проведены буровые работы в акватории озера Плесеева. Для озерных отложений из буровых колонок было выполнено радиоуглеродное датирование, гранулометрический анализ, определение потерь при прокаливании, измерения магнитной восприимчивости, анализ элементного состава, спорово-пыльцевой и диатомовый анализ. Проведенное исследование позволило установить различные условия осадконакопления в акватории озера Плесеева в позднем голоцене: стабильные условия в

глубоководной центральной части и интенсивное поступление терригенного материала в прибрежные части.

Ключевые слова: Плещеево озеро, поздний голоцен, диатомовый анализ, реконструкция условий осадконакопления

Были проведены буровые работы на трех участках акватории озера Плещеева: 1) профиль через подводные террасы на восточном борту (получены четыре колонки, длина каждой 3-3,5 м); 2) подводная терраса западного борта (колонка длиной 3,85 м); 3) северо-западная часть глубоководной осевой ложбины (две колонки общей длиной 3,40 м). Бурение на первом и втором участках выполнялось поршневым озерным буром Ливингстона, на третьем участке бурение осуществлялось с помощью бура Несье. Для озерных отложений из буровых колонок был выполнен гранулометрический анализ и определение потерь при прокаливании. Гранулометрический анализ выполнялся лазерно-дифрактометрическим методом на анализаторе размеров частиц Malvern Mastersizer 3000. Вскрыто строение подводной террасы восточного борта ванны Плещеева озера (глубина 5-8 м). Терраса представлена толщей слоистых супесчано-суглинистых отложений, практически лишенных органической компоненты. В осевой ложбине Плещеева озера отложения представлены органо-минеральным илом с содержанием органического вещества от 18 до 30%. В гранулометрическом составе преобладает глинисто-алевритовая фракция, максимальное содержание которой (около 90%) наблюдается на глубинах 70-120 см; на глубинах 0-70 и 140-340 отмечается более высокое (до 10%) содержание мелко- и среднезернистого песка.

Для буровой колонки из наиболее глубокой части озера (скважина PLESH-4 глубиной 2,6 м) были также проведены измерения магнитной восприимчивости, анализ элементного состава, споровопыльцевой и диатомовый анализ. В ходе анализа элементного состава с помощью оборудования EDXRF Spectro Xepos [1] было определено содержание 33 элементов. Препараты для диатомового анализа были приготовлены по стандартной методике [2] для интервала 2 см с шагом в 10 см. В каждом препарате была определена видовая принадлежность более 1000 створок диатомей. Среди идентифицированных видов диатомей были выделены экологические группы по двум принципам - по типу водного сообщества, к которому относится выделенный таксон (были выделены группы планктонных, перифитонных и бентосных диатомей) и в зависимости от трофности водоема, наиболее благоприятного для обитания выделенного таксона (были выделены

группы диатомовых, предпочитающих водоемы олиготрофного, мезотрофного или эвтрофного типа и группа диатомовых водорослей, представители которой индифферентны к трофическому статусу местообитания).

Спорово-пыльцевой анализ проводился по стандартной методике [3] с шагом 10 см. Также для отложений из колонки PLESH-4 в лаборатории Национального исследовательского центра Литвы было выполнено радиоуглеродное датирование 7 образцов жидкостно-сцинтилляционным методом.

Донные отложения на глубинах 140-330 см керна характеризуются стабильным элементным составом. На глубинах 80-140 см отмечается уменьшение соотношения Ca/Ti, Ca/Mg и увеличение содержания органического вещества до 25-30%. Отмечается также увеличение содержания серы. На глубинах 0-80 см отмечается резкое снижение доли органического вещества до 15-20%.

В спорово-пыльцевых спектрах по всей глубине колонки доминирует пыльца рода *Picea*. На глубинах 120-150 см керна отмечается увеличение содержания пыльцы и спор сельскохозяйственных культур.

На основе кластерного анализа диатомовых ассоциаций было выделено 8 диатомовых зон. В пяти нижних диатомовых зонах от DZ-1 до DZ-5 доминируют пресноводные планктонные виды *Aulacoseira granulata*, *Stephanodiscus alpinus*, *Stephanodiscus neoastrea* - широко распространенные пресноводные планктонные виды, предпочитающие слабокислые и слабощелочные условия обитания [4, 5, 6] и индифферентные к движению воды. Виды *A. granulata* и *S. neoastrea* указывают на эвтрофную среду обитания [7, 8, 9], вид *S. alpinus* обитает в водоемах от олиготрофных до эвтрофных [4]. Высокое содержание створок видов *Aulacoseira granulata* может быть связано со сравнительно большими глубинами и активной гидродинамикой озера – например, возникновением ветровых волн [10]. В большом количестве присутствуют створки вида *Stephanodiscus alpinus* – индикатора весеннего цветения воды в холодных озерах [11, 12]. По-видимому, 3500-2700 л.н. озеро Плещеево характеризовалось глубоководными эвтрофными условиями. Низкие температуры воды в озере могли быть связаны с продолжительным и холодным зимним сезоном.

В DZ-6 доля планктонных видов уменьшается до 50%. Среди преобладающих планктонных видов появляется *Aulacoseira ambigua*,

предпочитающий эвтрофные условия обитания [13]. В этой диатомовой зоне до 20% возрастает доля бентосных видов, появляются виды *Amphora* spp. (*A. affinis*, *A. ovalis*, *A. pediculus*), предпочитающие слабокислые воды умеренной температуры [14]. Доля перифитонных видов возрастает до 30%. Диатомовые ассоциации DZ-6 позволяют предполагать, что 2700-2000 л.н. в озере Плещееве произошло понижение уровня воды, в связи с чем в придонных слоях воды стало хватать света для фотосинтеза, что привело к увеличению доли перифитонных и бентосных диатомей. Увеличение доли мезотрофных диатомей до 50% при уменьшении доли эвтрофных видов может указывать на некоторое снижение трофности озера на этом этапе развития.

В верхних диатомовых зонах (DZ-7 и DZ-8) отмечается увеличение планктонных эвтрофных диатомей – до 60-80% всех створок относятся к видам *Aulacoseira granulata* и *Stephanodiscus neoastrea*; также до 20-30% увеличивается доля створок вида *Stephanodiscus alpinus*, способного обитать в водоемах с разным трофическим статусом [4]. Судя по сообществу диатомовых водорослей, указывающему на глубоководные эвтрофные условия обитания, около 2000 лет назад в Плещеевом озере мог произойти подъем уровня.

Строение осадка подводной террасы говорит об интенсивном поступлении терригенного материала в прибрежную часть озерного дна. Это в свою очередь может говорить как о высокой скорости береговой абразии и интенсивном поступлении наносов со стоком рек, так и глубокой амплитуде колебания уровня озера в голоцене, приводящего к смене фациальных обстановок на отдельных участках дна. Судя по результатам диатомового анализа, на этапе 3500-2700 л.н. озеро Плещеево характеризовалось эвтрофными глубоководными условиями. 2700-2000 л.н. могло произойти некоторое падение уровня озера, сопровождавшееся снижением его трофности. Около 2000 л.н. уровень озера и трофность среды вновь повысились, и такие условия сохраняются до настоящего времени. Растительность прилежащих территорий в целом не претерпевала существенных изменений в позднем голоцене, а увеличение содержания пыльцы сельскохозяйственных культур может быть связано с началом антропогенного освоения территории.

Исследование выполнено при поддержке Мегагранта (соглашение № 075-15-2021-599 от 08.06.2021) «Палеоэкологические реконструкции как ключ к пониманию прошлых, текущих и будущих изменений климата и окружающей

среды в России» по теме госзадания АААА-А19-119021990092-1 (номер договора 0127-2019-0008) «Маркеры природных событий в высокоразрешающих седиментационных палеоархивах».

ЛИТЕРАТУРА

1. Schramm, R., Heckel, J. 1998. Fast analysis of traces and major elements with ED (P) XRF using polarized X-rays: TURBOQUANT. // *Journal de Physique*. 1998. 8(PR5). P.335–342.
2. Battarbee R.W., Jones V.J., Flower R.J. Diatoms. // J.P.Smol, H.J-B. Birks and W.M. Last (Eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators*. 2001. P.155–202.
3. Faegri, K., Iversen, J. *Textbook of Pollen Analysis*. Copenhagen: Munksgaard, 1975. 389 pp.
4. Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. *Определитель диатомовых водорослей России*. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с.
5. Куликовский М.С., Шкурина Н.А. Видовой состав и особенности флоры центральный диатомовых водорослей (Bacillariophyta) водоемов и водотоков Камчатки. – *Поволжский экологический журнал*. 2009. №4. С.305-318.
6. van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. 1994. №28. P.117-133.
7. Taylor J.C., Harding W.R., Archibald G.M. 2007. An illustrated guide to some common diatom species from South Africa. WRC report TT 282/07. 224 pp.
8. Zalat A.A., Vildary S.S. 2007. Environmental change in Northern Egyptian Delta lakes during the late Holocene, based on diatom analysis. *Journal of Paleolimnology* 37: 273–299.
9. Kiss K.T., Klee R., Ector L., Ács É. 2012. Centric diatoms of large rivers and tributaries in Hungary: morphology and biogeographic distribution. *Acta Botanica Croatica* 71(2): 311–363.
10. Wang L., Lu H., Liu J., Gu Z., Mingram J., Chu G., Li J., Rioual P., Negendank J. F. V., Han J., Liu T. Diatom based inference of variations in the strength of Asian winter monsoon wind between 17500 and 6000 calendar years BP. - *Journal of Geophysical Research*. 2008. Vol.113. P.1-9.
11. Hickel B. *Stephanodiscus alpinus* in Plubsee, Germany. Ecology, morphology and taxonomy in combination with initial cells. *Diatom Research*. 1993. №8. P.89-98.
12. Генкал С.И., Лепская Е.В. 2013. К морфологии, экологии, и распространению *Stephanodiscus alpinus* (Bacillariophyta). *Новости систематики низших растений*, 47. 28-36.
13. Stenger-Kovacs C., Buczkó K., Hajnal E., Padisák J. 2007. Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. *Hydrobiologia* 589: 141–154.
14. Баринова, С.С., Медведева, Л.А., Анисимова, О.В. *Биоазнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды*. PiliesStudio, Тель Авив, 2006. 498 с.

S u m m a r y.

Modern ideas about the history of Lake Pleshcheyevo are based mainly on the materials of geological surveys of the 1950-1980s. and the results of individual studies in recent decades. However, there are relatively few data on lake level fluctuations, changes in its trophicity, sedimentation rates, and erosion rhythms in the watershed in the Holocene. To clarify it, we carried out the drilling profile in the water area of the Lake Pleshcheevo. We performed radiocarbon dating, granulometric analysis, determination of loss on ignition, measurements of magnetic susceptibility, analysis of elemental composition, spore-pollen and diatom analysis of bottom sediments. The study made it possible to establish different conditions of sedimentation in the water area of the Lake Pleshcheevo in the Late Holocene: stable conditions in the deep central part and intensive influx of terrigenous material into the coastal parts.

ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧВ ПОД МНОГОЛЕТНИМИ ЗАЛЕЖАМИ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ В ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД НА ОСНОВЕ ИХ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

А.В. Русаков¹, М.П. Лебедева², Ю.В. Симонова¹

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
г. Санкт-Петербург, *spp-06@mail.ru; uvsim@yandex.ru*

²ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Марина Верба,
m_verba@mail.ru

THE HIERARCHICAL MORPHOLOGICAL DIAGNOSTICS OF SOIL CHANGES IN LONG-TERM ABANDONED LANDS OF THE YAROSLAVL VOLGA REGION IN THE POST-SOVIET PERIOD

¹A.V. Rusakov¹, M.P. Lebedeva², Yu.V. Simonova¹

¹*Saint Petersburg State University, St. Petersburg*

²*Federal Research Centre "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow*

Аннотация.

На основании детальной иерархической морфологической диагностики профилей исходно автоморфных пахотных почв Ярославского Поволжья по состоянию на 1991 г. показано, что при переводе их в залежное состояние основные изменения в строении профилей заключаются в трансформации верхней части профиля, выраженные в развитии дернового и активизации элювиальных процессов. Во многих почвах диагностированы устойчивые морфологические признаки оглеения, обязанные, по-видимому, изменению внутригодового распределения осадков за период 1991–2021 гг.

Ключевые слова: залежные почвы, Ярославское Поволжье, морфология почв

При анализе агроресурсного потенциала залежных почв Нечерноземья и выявлении тренда изменений их свойств в период постагрогенеза, прежде всего в морфологии, важно знать исходную характеристику бывших агропочв; это позволит объективно оценить трансформацию почв постагрогенных сукцессий и разработать подходы к возможному вовлечению залежных почв для использования вновь под пахотные угодья.

Изменения свойств почв под разновозрастными залежами проводили на большой выборке разрезов почв, изначально диагностированных как автоморфные дерново-подзолистые почвы в ходе крупномасштабного почвенного картографирования почвенного покрова Ярославской области (1984–1991 гг.). Мониторинговые разрезы (2019–2021 гг.) на залежах закладывались на месте старых с большим пространственным разрешением. Методология концепции иерархического морфо-генетического исследования почвенных тел основана на детальном изучении морфологических признаков последовательно на макро-, мезо-, и микро-организации почв; такой подход позволяет наиболее объективно судить о морфологии строения почв и степени

их изменения, в нашем случае – при трансформации агропочв в постагрогенное состояние, обусловленных изменением процессов почвообразования.

Установлено, что в наибольшей степени изменения в почвах залежей произошли в строении исходных пахотных горизонтов: уже через 6 лет у большинства исследованных почв формируется дернина, примерно у половины профилей почв диагностировано наличие уже в течение 15–20 лет вновь образованных серогумусовых АУра горизонтов мощностью до 8 см с характерной зернистой/комковатой структурой, зачастую выраженной и в агрогумусовых постагрогенных горизонтах. Как правило, под перечисленными выше горизонтами залегают пахотные постагрогенные слои, нижние из которых отличаются более светлой окраской, тенденцией к плитчатой/постшлировой структуре, появлением отбеленных зон. В ряде случаев в постагрогенных горизонтах присутствуют припаханные фрагменты нижележащих горизонтов, сохраняющиеся даже у зрелых 35-летних залежей. Зачастую пятна припашки имеют диффузные границы относительно вмещающей толщи (на мезо- и микроуровне), что свидетельствует о процессах дезинтеграции припаханных морфонов. Характерной особенностью примерно половины изученных почв под залежами является наличие устойчивых морфологических признаков оглеения, ранее не диагностируемых у этих почв до перевода их в залежь. Результаты оценки морфологических изменений почв приведены нами ранее [2].

В качестве типичного примера рассмотрения тренда и характера изменения морфологического строения автоморфных пахотных почв на суглинистых почвообразующих породах при переводе их в залежное состояние приведем сравнительный анализ двух профилей почв, заложенных с максимальной точностью к одному и тому же месту на месте бывшей пашни. Разрез агрозема текстурно-дифференцированного на покровных суглинках, подстилаемых карбонатной мореной (здесь и далее классификационное положение почв и диагностика горизонтов дана в соответствии с [1]) был заложен на плоской вершине холма в пределах Шекснинско-Костромского водораздела (Пошехонский р-н Ярославской обл.). Мониторинговые исследования в 2019 г. показали, что на том же месте под залежью (овсяницево-васильковый луг) возрастом 7–10 лет была исходная пахотная почва, которая

классифицирована как агрозем постагрогенный поверхностно оглеенный (рис. 1).



Рис. 1. Агрозем текстурно-дифференцированный на покровных суглинках, подстилаемых карбонатной мореной (слева) под залежью возрастом 7–10 лет (справа).

При первом взгляде, на макроуровне, профиль почвы под залежью слабо дифференцирован на горизонты (рис. 1), однако последовательный сравнительный анализ двух профилей по горизонтам на мезо- и микроуровне позволил выявить степень различий и сходства морфологической организации почв при переводе пахотной в залежную.

Если для горизонта P агрозема характерны плотное сложение, рыхлые микросгустки гумуса с диффузными границами, единичные Fe-пятна (рис. 2а,б), то при оставлении этой почвы под залежь происходят заметные изменения в морфологии постагрогенных горизонтов: верхний гор. Pp1 отличается комковато-копрогенной структурой со скоагулированным гумусом в виде микросгустков с плотными границами, с остатками растительных остатков и мелкими Fe-нодулями (рис. 2в,г). В нижележащем гор. Ppag2 появляются морфологические признаки глеевого процесса в виде обесцвеченных зон-пятен, обилия различных Fe-Mn новообразований (пятна, нодули) (рис. 2д,е), высокой неоднородности сложения за счет различной пропитки почвенной массы оксидами Fe и Mn и появления включений ассимилированного материала ранее припахонного гор. BTg1, к глинистым частицам которого тяготеют Fe пленки (рис. 2ж,з). В отличие от исходно автоморфной пахотной почвы, в постагрогенном агроземе в гор. BTg1 диагностирован сильно ожелезненный оглиненный пылеватый материал; в

зонах с повышенным содержанием глины отмечается струйчатая ее оптически-ориентация (ООГ) как результат оглеения (рис. Срединные ВТ2 горизонты обеих почв слабо различаются между собой по мезо- и микростроению (рис. 2л-о): плитчатая структура, признаки оглеения ослаблены (наличие только единичных Mn-дендритов), обрывки старых глинистых кутан во внутриведной массе и разрушающиеся крупные глинистые кутаны в блоках (следы более древнего этапа педогенеза), обилие свежих глинистых кутан, в том числе по песчаным зернам. Переходные 2BDt1 горизонты обоих разрезов также имеют общие черты строения (рис. 2п-т): уплотненные блоки, глинистую массу с песчаными зернами и с ООГ, планарные трещины (древний криогенез?), старые глинистые кутаны-инфиллинги и свежие глинистые кутаны по песчаным зонам. Для горизонтов 2BDca2 исследованных разрезов (рис. 2у-ц) характерна плотная упаковка частиц; глинисто-карбонатная плазма, неоднородная по распределению в почвенной массе песчаных зерен и зон ожелезнения; трещины разнообразной формы и ориентации с вдавленными песчаными зернами, выражены микритовые микростяжения в порах (рис. 2с, показано стрелкой). Признаки оглеения не диагностированы. Наконец, в основании разреза (гор. Dca, почва на залежи) в материале морены выявлены неоднородность микростроения с выделением глинистых и песчаных зон, древняя карбонатная кутана, перекрытая пылеватым материалом, обломки карбонатных пород. Наряду с литогенными карбонатами диагностирован и перекристаллизованный кальцит в поровом пространстве (рис. 2ч, показано стрелкой).

Таким образом, постагрогенная трансформация агропочв в наибольшей степени затронула верхнюю часть профиля: у большинства исследованных почв формируется дернина, у половины профилей уже через 15 лет – диагностированы вновь образованные серогумусовые горизонты, близкие по морфологии к таковым у зональных почв. Установлено появление устойчивых морфологических признаков оглеения на макро-, мезо и микроуровне в профиле большинства бывших автоморфных агропочв Ярославского Поволжья, особенно в его северной и центральной частях. Ранее нами было показано [3], что за последние десятилетия в бассейне Верхней Волги на фоне повышения температуры воздуха произошли сдвиги в годовом ходе атмосферных осадков, что привело к изменениям в почвенно-грунтовой водном режиме, что не могло не сказаться на морфологии и свойствах постагрогенных почв.

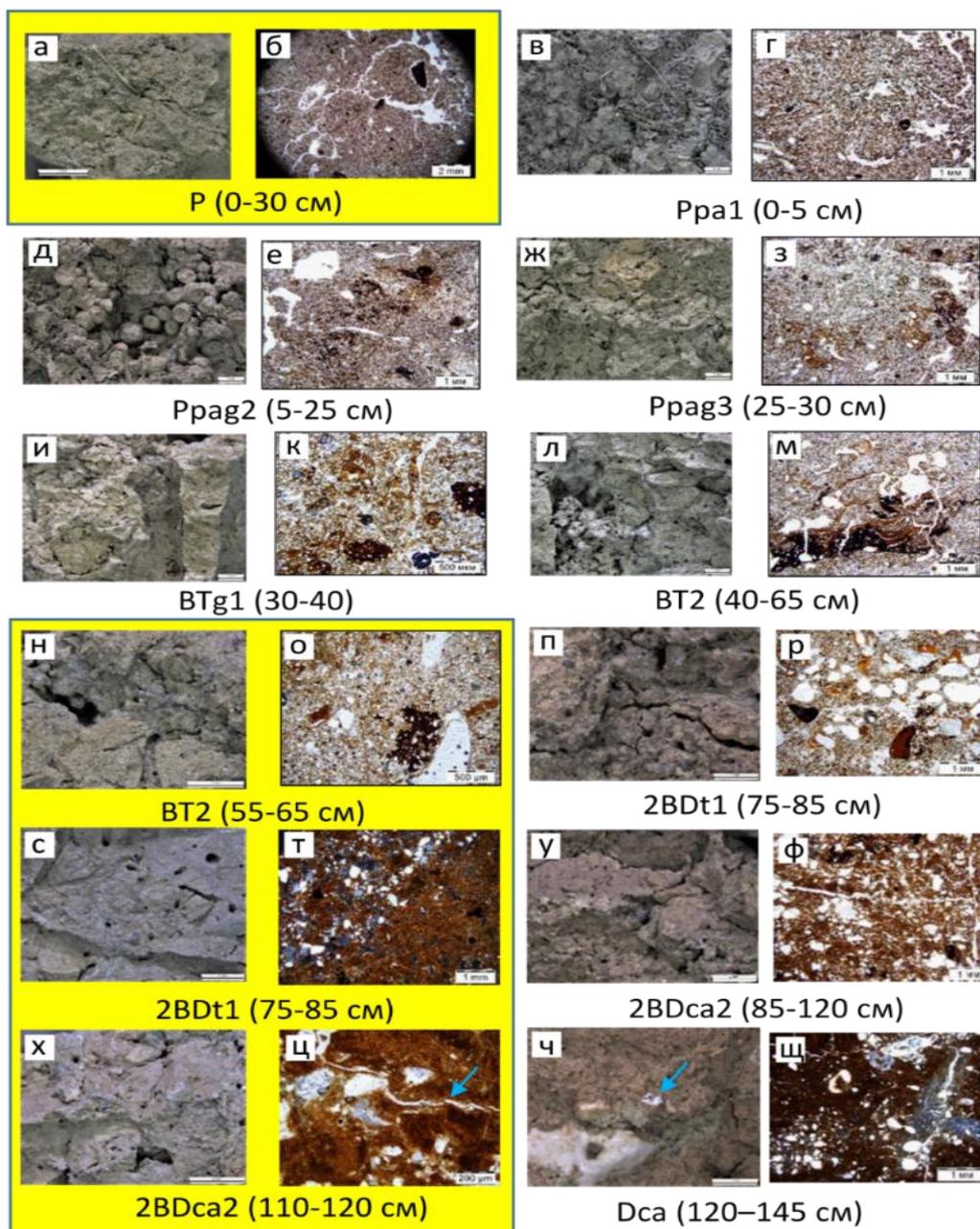


Рис. 2. Мезо- и микроморфологическое строение агрозема текстурно-дифференцированного на покровных суглинках, подстилаемых карбонатной мореной (пашня, 1990 г., желтый фон) и тот же агрозем – постагрогенный поверхностно оглеенный, (залежь, возраст 7–10 лет). а, в, д, ж, и, л, н, п, с, у, х, ч – мезоморфология, на остальных изображениях – микроморфология (ник. ||, за исключением т, ц, щ, где ник. х). Пояснения в тексте.

Работа проведена при поддержке грантов РФФИ 19-29-05243; микроморфологические исследования проводились с использованием поляризационного микроскопа нового поколения Olympus VX51 с цифровой камерой Olympus DP26 (оборудование ЦКП научным оборудованием ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»); мезоморфологические исследования почв проведены в РЦ микроскопии и микроанализа СПбГУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шишов Л.Л., В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
2. Simonova J.V, Rusakov A.V., Lebedeva M.P. et al. Morphological characteristics and features of soils in connection with post-agrogenic and recent climatic trends (a case-study from Central European Russia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021, Vol. 862 (2021) 012072 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/862/1/012072.
3. Simonova Ju., Rusakov A., Ryumin A. et al. The response of salt-affected hydromorphic soils of the Nero Lake basin to the recent climate change within the Upper Volga Region, Russia // Soil & Tillage Research, 2021. Vol. 207. doi.org/10.1016/j.still.2020.104871

S u m m a r y.

Based on the detailed hierarchical diagnostics of the profiles of the initially automorphic arable soils of the Yaroslavl Volga when they were transferred to the abandoned lands. It was shown that the main changes in the profiles consist of the transformation of the upper part of the profile, expressed in the development of sod-horizons and activation of eluvial processes. In many soils, stable morphological features of gley processes have been diagnosed due to a change in the water regime of soils.

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ РЕЧНЫХ ДОЛИН ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: ЛИТОЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС, ЭТАПЫ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Ю.В.Рыжов^{1,2,3}, В.А. Голубцов^{1,3}, М.В. Смирнов^{1,2}

¹ИЗК СО РАН, г. Иркутск, ryzhovyurij@yandex.ru

²ИГУ, г. Иркутск,

³Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН

HOLOCENE DEPOSITS OF RIVER VALLEYS IN WESTERN TRANSBAIKALIA: LITHOLOGY, GENESIS, STAGES OF SEDIMENTATION AND SOIL FORMATION

Yu.V. Ryzhov^{1,2,3}, V.A. Golubtsov^{1,3}, M.S. Smirnov^{1,2}

¹Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk

²Irkutsk State University, Irkutsk

³V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

Аннотация.

Представлены новые данные о строении и возрасте голоценовых отложений пойм и первой надпойменной террасы рек в бассейне р. Селенги. Изучено строение разрезов, получена информация о составе, абсолютном возрасте осадков аллювиального и покровного генетических комплексов. Установлено, что накопление отложений низкой поймы в бассейне р. Селенги началось в позднем голоцене. Возраст отложений высокой поймы рек – ранний – поздний голоцен. Аллювий первой надпойменной террасы имеет сартанский – раннеголоценовый возраст и перекрыт более молодыми осадками. На более высоких террасах в голоцене накапливались отложения покровного генетического комплекса, формировались почвы.

Ключевые слова: пойма, надпойменная терраса, аллювий, покровные отложения, голоцен, бассейн р. Селенги

Голоценовые отложения речных долин по своеобразию строения, распространения, особенностями влияния хозяйственной деятельности человека и климата занимают особое место среди всех возрастных, генераций четвертичных образований Западного Забайкалья. Они широко распространены на поймах и террасах рек. Выделяются разновозрастные аллювиальные, аллювиально-пролювиальные, озерные, озерно-аллювиальные, эоловые, делювиальные отложения различной мощности. С ними связаны археологические памятники верхнего палеолита, мезолита, неолита.

В бассейне р. Селенги выделяют низкие (0,5–2 м) и высокие (2–5) поймы, четыре верхнеплейстоценовые надпойменные террасы высотой соответственно 15–20 (20–24), 10–12, 7–9 и 5–7 м (4–6) [1], 18–19, 12 м, 9 м, 6–7 м [2], 20–22, 14–16, 9–11, 5–6 м [3], 25–50, 15–25, 9–12, 4–9 м [4]. На реках разных порядков наблюдаются значительные колебания высот пойм и террас. Поэтому наиболее достоверными данными для их выявления является возраст слагающих их отложений [1]. Цель работы – изучение строения, состава голоценовых отложений речных долин в бассейне р. Селенги, выявление этапов и фаз осадконакопления, педогенеза на основе детального исследования и радиоуглеродного датирования.

Голоценовые аллювиальные отложения широко распространены в речных долинах, слагают низкие и высокие поймы, верхнюю часть речных отложений первой надпойменной террасы, и часто представляют собой почвенно-седиментационную последовательность осадков [5]. Поймы сложены аллювием и прослоями почв, имеют двухчленное строение. В основании разрезов залегают разномерные пески, гравий галька. На террасах русловой, пойменный и старичный аллювий перекрыт отложениями покровного генетического комплекса (эоловыми, эолово-делювиальными, делювиальными, делювиально-пролювиальными, пролювиальными), прослоями почв.

Выявлено, что аллювий низких пойм в бассейне р. Селенги имеет возраст <4,2 тыс. лет. Русловой аллювий накапливался 4,2–2,1 тыс. кал. л.н, речные осадки пойменный осадки и гумусовые горизонты почв не старше 2 тыс. лет. По результатам исследования установлено, что высокая пойма сложена средне- и позднеголоценовым аллювием. Русловой аллювий высоких пойм рек имеет раннеголоценовый возраст, пойменный – позднеголоценовый. Почвы на высокой пойме формировались при снижении высоты паводков, имеют возраст моложе 4,5 тыс. кал. лет. На низких поймах встречается только аллювий. В разрезах высоких пойм выявляются прослой эоловых, делювиальных, пролювиальных отложений.

Первая надпойменная терраса имеют высоту залегания кровли аллювия над меженным уровнем рек 3,5–5 м. Кровля аллювия большинства разрезов первой террасы имеет раннеголоценовый возраст (8,5–8 тыс. кал. л.н.). Отложения пойменной фации аллювия датируются позднеледниковьем – ранним голоценом. Аллювиальные почвы формировались 13,5–8,5 тыс. кал. л.н. Возраст аллювия руслового фации первой надпойменной террасы старше 15 тыс. кал. лет [4]. Для первой террасы р. Тарбагатайки выявлены два высотных уровня первой надпойменной террасы. В разрезе высотой 4–6 м пойменный аллювий датирован возрастом 7–3,4 тыс. кал. л.н. [6]. На террасе высотой 7–9 м речные осадки пойменной фации аллювия накапливались в позднеледниковье и раннем голоцено (14–8 тыс. л) [7].

На более высоких речных террасах в голоцено накапливались отложения покровного генетического комплекса, формировались почвы. Например, на второй террасе р. Брянка высотой 7–9 м (рис. 1). покровные голоценовые отложения имеют мощность до 3,3 м. Кровля аллювия залегает на высотах 4–6 м над меженным уровнем рек. Пойменный осадки по результатам исследования имеет сартанский (МИС 2) возраст. Русловой аллювий второй надпойменной террасы накапливался в течение МИС 3–2. [3]

Голоценовый аллювий пойм и первой надпойменной террасы детально изучен и датирован, выявлены этапы седиментации и почвообразования. В котловинах и речных долинах встречаются нерасчлененные озерно–аллювиальные и озерные голоценовые отложения на поймах и террасах рек. Они представлены песками, супесями, суглинками, илами. В долинах небольших постоянных водотоков и их конусах выноса распространены нерасчлененные голоценовые аллювиально–пролювиальные пески, супеси с гравием и галькой. Они характеризуются большой изменчивостью гранулометрического состава в разных частях долин. Делювиальные голоценовые отложения в речных долинах сложены песками с дресвой и щебнем, супесями, суглинками мощностью несколько метров и перекрывают надпойменные террасы. Эоловые голоценовые пески и супеси широко распространены в котловинах и долинах рек бассейна р. Селенги. Они залегают на высокой пойме и надпойменных террасах на участках развеваемых песков. В разрезах отложений долин небольших рек и крупных падей эоловые отложения накапливались в периоды аридизации климата в голоцено, а в последние 250 лет и связаны связи с распашкой земель, вырубкой леса, перевыпасом скота.

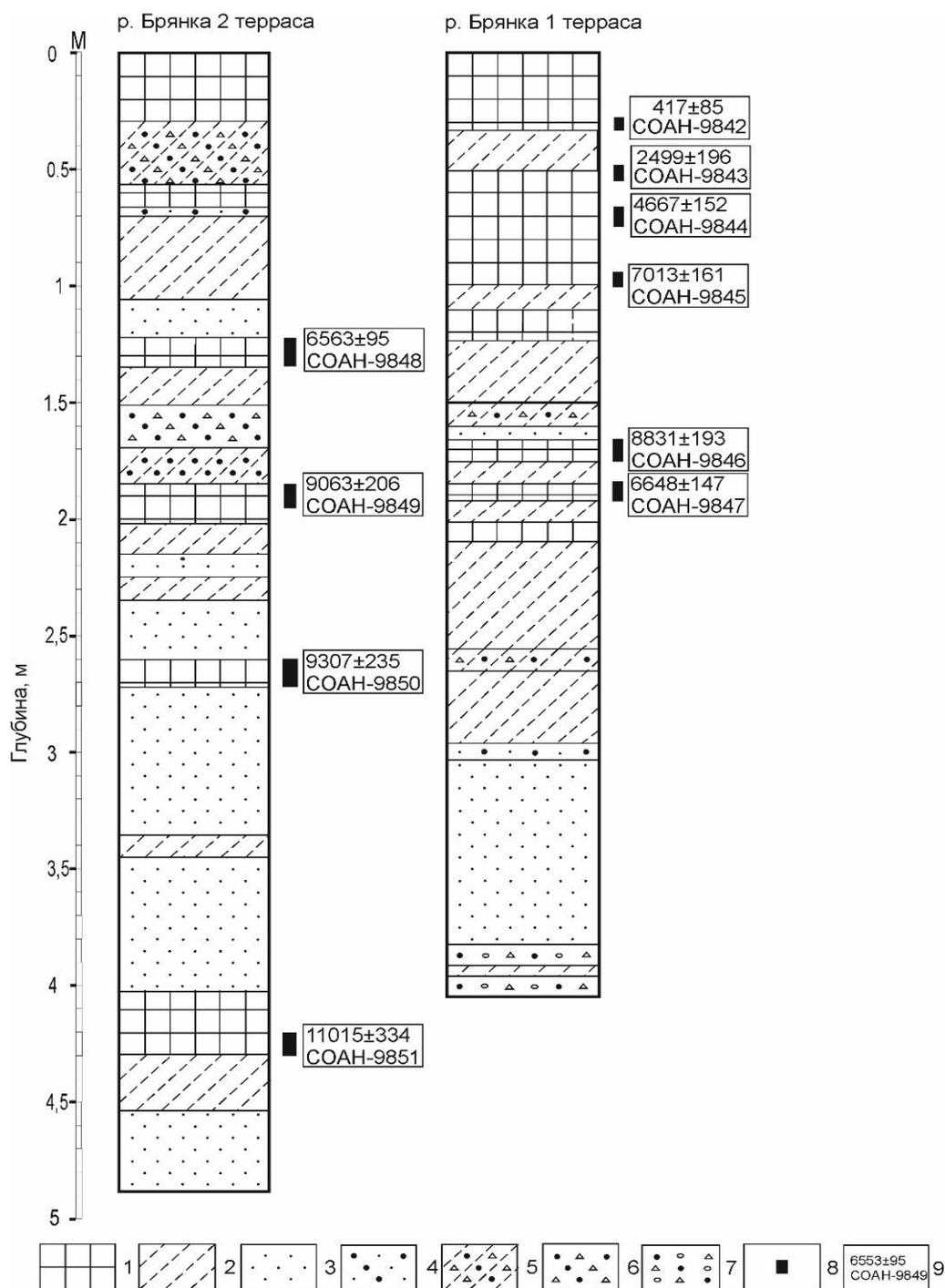


Рис. 1 Разрезы отложений второй (слева) и первой (справа) надпойменных террас р. Брянки. Условные знаки: 1 – почва. 2 – супесь. 3 – песок мелкозернистый. 4 – песок разнозернистый. 5 – супесь с дресвой и гравием. 6 – песок разнозернистый с включением дресвы и щебня. 7 – песок разнозернистый с дресвой, щебнем, гравием и галькой. 8 – интервал отбора пробы на радиоуглеродное датирование. 9 – календарный возраст, кал. л.н. и лабораторный номер образца.

Детальное изучение разрезов отложений пойм и низких террас позволило выявить этапы осадконакопления и интенсивного почвообразования в голоцене. В бассейне р. Селенги выделяется шесть периодов активного педогенеза 11,7–10,5, 9,4–8,3, 7,8–5,4, 4,8–3,6, 3–1, 0,15–0 тыс. кал. л.н. На низких поймах

выявляется один – три этапа почвообразования продолжительность 0,1–0,5 тыс. лет. На высоких поймах насчитывается один–четыре гумусовых горизонтов возрастом <4,6 кал. л.н. В разрезах первой надпойменной террасы выделяется один–восемь этапов педогенеза продолжительностью 0,1–5 тыс. лет.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Гранта Правительства РФ, проект № 075–15–2021–631 от 08.06.21.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология и культура древних поселений Западного Забайкалья / Базаров Д.–Д. Б., Константинов М.В., Иметхенов А.Б., Базарова Л.Д., Савинова В.В. Новосибирск: Наука, 1982. 164 с.
2. Резанов И.Н. Кайнозойские отложения и морфоструктура Восточного Прибайкалья. Новосибирск: Наука: 1988. 126 с.
3. Константинов. М.В. Каменный век восточного региона Байкальской Азии. Улан–Удэ: Изд–во ИОН БНЦ СО РАН; Чита: Изд–во ЧГПИ им. Н.В. Чернышевского, 1994. 180 с.
4. Коломиец В.Л. Седиментогенез плейстоценового аквального комплекса и условия формирования нерудного сырья суходольных впадин Байкальской рифтовой зоны. Автореф. дис. ... канд. геол.–минерал. наук. Иркутск, 2010. 18 с.
5. Голубцов В.А., Рыжов Ю.В., Кобылкин Д.В. Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене. Иркутск: Изд–во ИГ СО РАН, 2017. 139 с.
6. Рыжов Ю. В., Голубцов В. А. Экзогенные процессы и почвообразование в малом речном бассейне Западного Забайкалья во второй половине голоцена География и природные ресурсы. 2017. No 3. С. 114–125.
7. Рыжов Ю.В., Голубцов В.А., Опекунова М.Ю. Формирование террас реки Тарбагатайки (Западное Забайкалье) в позднеледниковье и голоцене // География и природные ресурсы. 2021. No 2. С. 132–140.

S u m m a r y.

New data on the structure and age of the Holocene floodplain and terrace deposits in the Selenga river basin are presented. The structure of the sections was studied, information was obtained on the composition and absolute age of the alluvial and covering genetic complexes of sediments. It has been established that the deposits accumulation of low floodplains in the Selenga river basin began in the Late Holocene. The age of the high floodplain sediments deposits is Early – Late Holocene. The first river terrace alluvium is dated to the Sartanian–Early Holocene age and is overlain by younger sediments. On the higher terraces in the Holocene deposits of the covering genetic complex accumulated and soils formed.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ СОВРЕМЕННОГО ПЫЛЬЦЕВОГО ДОЖДЯ ГОР БАЛЕ (ЭФИОПИЯ) КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРОШЛОГО

К.А. Савина¹, Е.А. Кузьмичева¹

¹ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, ksusha.sava@mail.ru

STUDYING DYNAMICS OF THE MODERN POLLEN RAIN IN THE BALE MOUNTAINS (ETHIOPIA) AS A TOOL FOR THE RECONSTRUCTION OF THE PAST VEGETATION

К.А. Savina¹, Е.А. Kuzmicheva¹

¹Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

Аннотация.

Исследование современных пыльцевых спектров необходимо для лучшего толкования фоссильных спектров того или иного региона. С целью накопления данных в горах Восточной Африки (горы Бале, Эфиопия) было проведено исследование пыльцевого дождя на плато, северном и южном склоне. Для сбора материала на спорово-пыльцевой анализ были использованы ловушки Бехлинга в период 2015–2019 гг. Наша работа показала, что пыльцевые спектры меняются от года к году, и практически во всех случаях доминирующие таксоны растительности представлены в соответствующих пыльцевых спектрах. На динамику пыльцевого дождя, вероятно, влияют эндогенная ритмика цветения и климат.

Ключевые слова: современный пыльцевой дождь, Эфиопия, скорость аккумуляции пыльцы.

Изучение современного пыльцевого дождя помогает улучшить интерпретацию ископаемых отложений [1]. Для этого в умеренных широтах накоплено немало палинологических данных, по сравнению с тропической Африкой. Целью настоящей работы было исследование количественных и качественных характеристик современных пыльцевых спектров гор Бале (Эфиопия) за 2015–2019 года, дальнейшее использование которых может помочь в трактовке спектров отложений голоцена этой территории.

Данные о пыльцевом дожде были получены с помощью ловушек Бехлинга, которые менялись каждый год в 7 растительных сообществах (рис. 1).

Из них три ловушки были расположены на южном склоне гор Бале (каркасово-афрокарповый лес, поутериено-сизигиумный лес, бамбуковый лес), три — на северном (верещатник, хагениево-можжевеловый лес; афрокарпово-можжевеловый лес), одна — на высокогорном плато Санетти (афро-альпика) (рис. 1). Содержимое ловушек было обработано ацетоллизным методом с добавлением таблеток *Lycopodium clavatum* для расчета скорости аккумуляции пыльцы (САП).

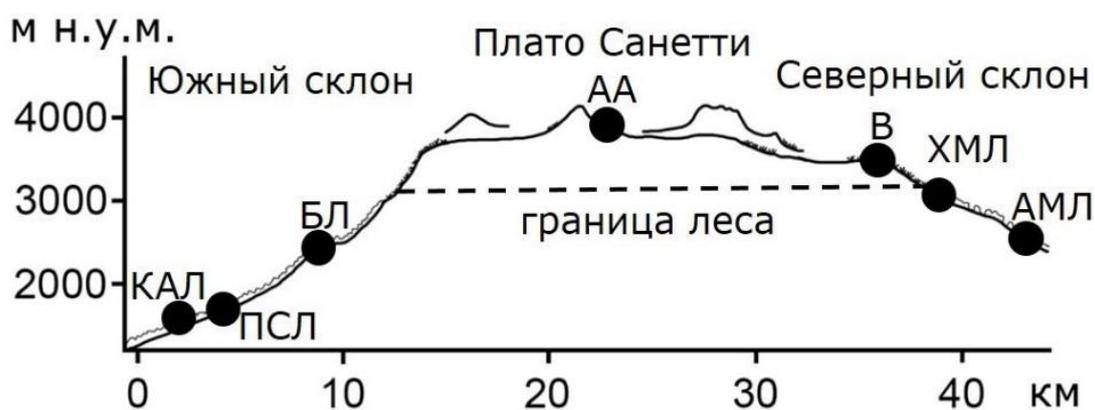


Рис. 1 Схема района исследования (КАЛ — каркасово-афрокарповый лес; ПСЛ — поутериево-сизигиумный лес; БЛ — бамбуковый лес, АА — афро-альпика; В — верещатник; ХМЛ — хагениево-можжевеловый лес; АМЛ — афрокарпово-можжевеловый лес).

В спектре каркасово-афрокарпового леса 2015 года доминировала пыльца *Syzygium* (77%), а 2016–2018 — *Afrocarpus* (24–63%) (рис. 2). В течение 4 лет в спектрах поутериево-сизигиумного леса преобладала пыльца *Syzygium* (19–81%) в сочетании с *Urticaceae*, *Afrocarpus* и *Macaranga* в разные годы. *Nuxia* (26–58%) или/и *Urticaceae* (22–47%) характеризовали пыльцевые спектры бамбукового леса 2015–2019 годов. В спектрах афро-альпики доминировали *Asteraceae* (*Asteroideae*) (11–33%), *Alchemilla* (19%), *Poaceae* (16%) и *Hagenia* (11%), комбинация которых менялась в течение всего периода наблюдения. Ежегодно преобладавший пыльцевой тип в спектрах верещатника — *Ericaceae* (23–62%) (рис. 2). В 2015–2018 большую часть спектров хагениево-можжевелового леса составила пыльца *Cupressaceae* (39–46%), *Hagenia* (26–27%), *Poaceae* (20–23%), а в 2019 — *Afrocarpus* (55%). В течение 2 лет в спектрах афрокарпово-можжевелового леса сохранялся один доминирующий палинотип — *Cupressaceae* (14–59%), который в 2018 году сменился на *Urticaceae* (29%) and *Poaceae* (22%).

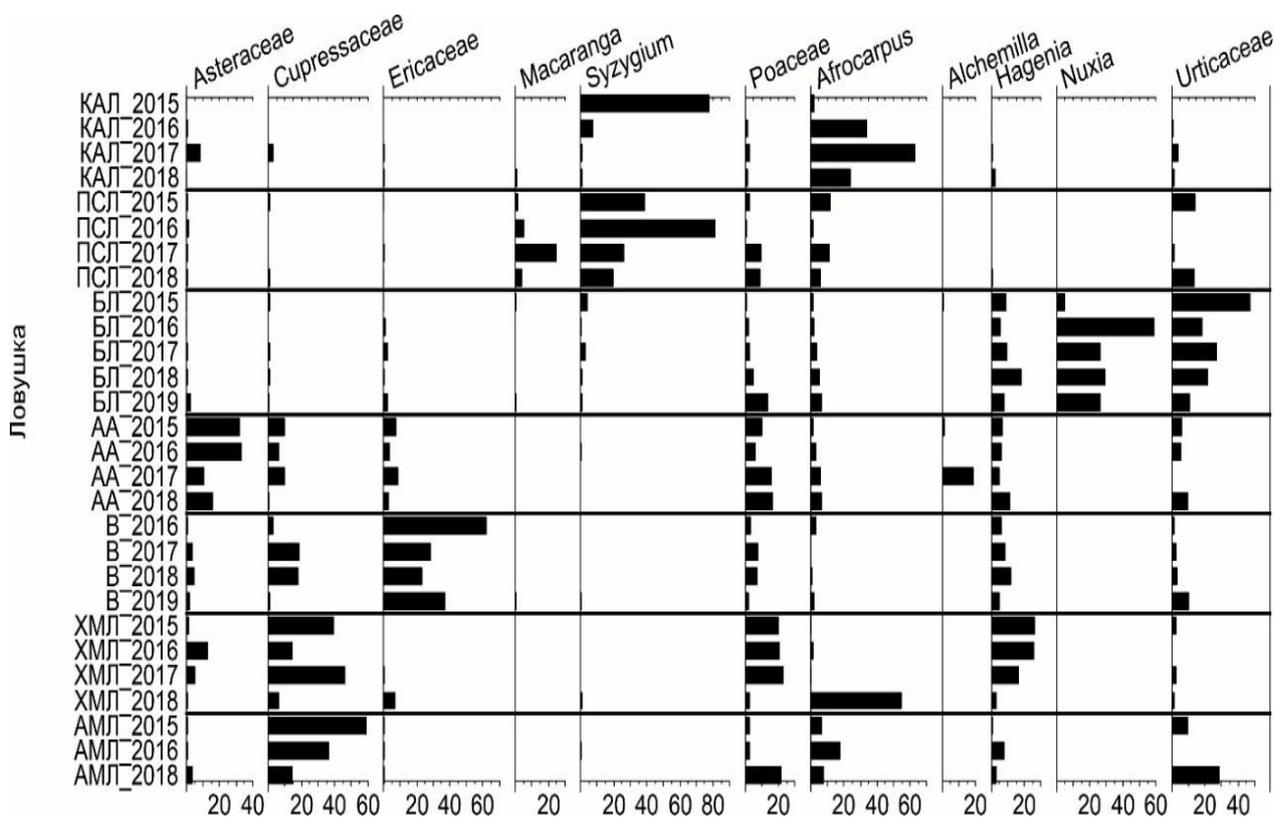


Рис. 2 Процентная пыльцевая диаграмма доминирующих палинотипов (КАЛ — каркасово-афрокарповый лес; ПСЛ — поутериево-сизигиумный лес; БЛ — бамбуковый лес, АА — афро-альпика; В — верещатник; ХМЛ — хагениево-можжевеловый лес; АМЛ — афрокарпово-можжевеловый лес).

В спектрах каркасово-афрокарпового, поутериево-сизигиумного леса и верещатника доминирующий палинотип совпадает с доминирующим видом в составе растительности. За исключением отдельных таксонов, в афро-альпике, хагениево-можжевеловом и афрокарпово-можжевеловом лесу также прослеживается таксономическое сходство типов растительности и продуцируемых ими палиноспектров. В спектрах бамбукового леса эта закономерность не отмечена из-за того, что цветение *Oldeania alpina* не совпало со временем сбора материала. Помимо эндогенной ритмики цветения, на формирование пыльцевых спектров гор Бале могут влиять особенности опыления, сохранность пыльцевых зерен или структура растительности. Тем не менее полученные данные об отношении между растительностью и пыльцевыми спектрами согласуются с большинством работ по изучению современного пыльцевого дождя [2].

Практически во всех пыльцевых спектрах отмечена заносная пыльца. Транспорт пыльцы шел как из нижележащих и вышележащих растительных сообществ в пределах одного склона, так и с противоположного склона. В

наибольшей степени он выражен в спектрах афро-альпики, где заносная пыльца (15–26%) принадлежит 14 таксонам. В наименьшей — в афрокарпово-можжевеловом лесу (1%). Несмотря на изменение процентного содержания преобладающих пыльцевых типов и транспорт пыльцы, качественные и количественные характеристики спектров каждой из точек за весь период наблюдений похожи друг на друга больше, чем спектры из соседних.

С 2015 по 2019 варьирует не только процентное содержание пыльцевых типов (рис. 2), но и суммарная скорость аккумуляции пыльцы (рис. 3). В образцах каркасово-афрокарпового леса она уменьшается практически в 10 раз за 4 года: с 58920 пыльцевых зерен/см²/год до 4700 пыльцевых зерен/см²/год (рис. 3). Диапазон значений суммарной САП спектров поутериево-сизигиумного леса самый большой среди изученных пыльцевых спектров (7630–149380 пыльцевых зерен/см²/год). Суммарная САП бамбукового изменяется от 29960 пыльцевых зерен/см²/год до 3520 пыльцевых зерен/см²/год.

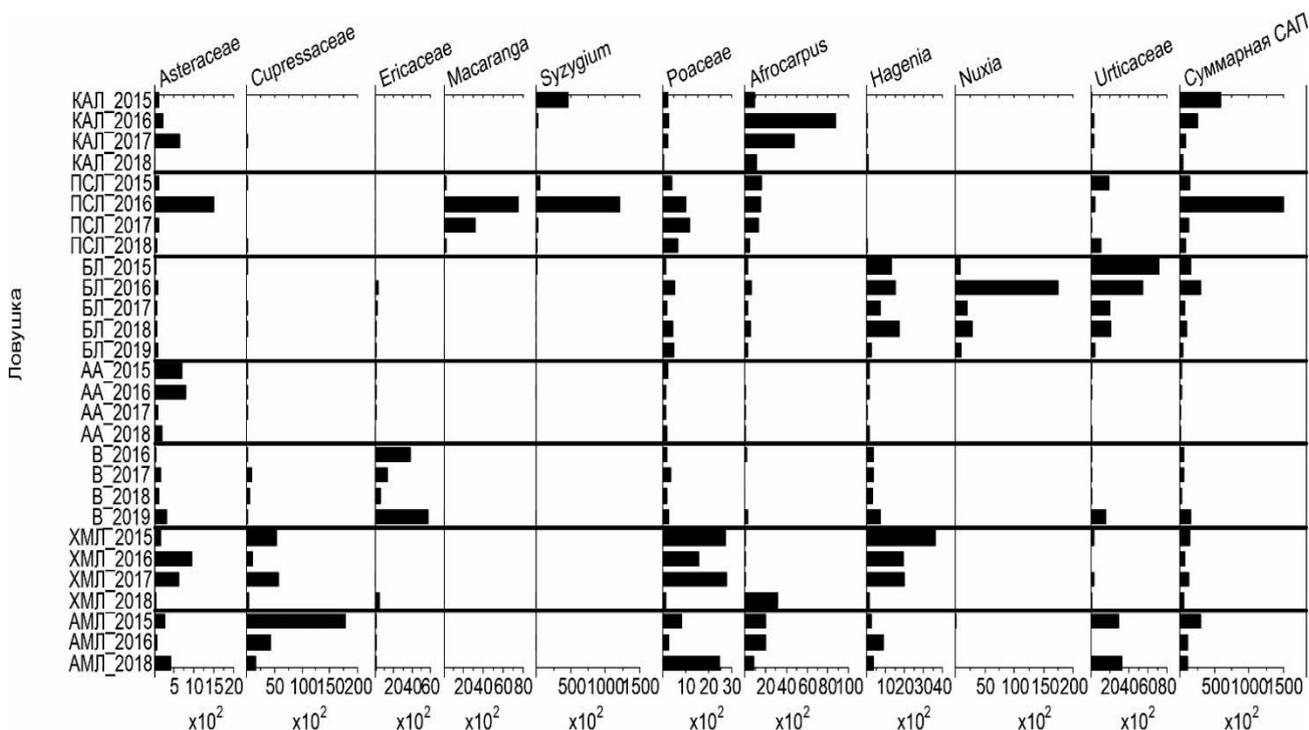


Рисунок 3. Диаграмма скоростей аккумуляции пыльцы доминирующих палинотипов (пыльцевых зерен/см²/год) (КАЛ — каркасово-афрокарповый лес; ПСЛ — поутериево-сизигиумный лес; БЛ — бамбуковый лес, АА — афро-альпика; В — верещатник; ХМЛ — хагениево-можжевеловый лес; АМЛ — афрокарпово-можжевеловый лес).

Минимальные значения суммарной САП отмечены для образцов афроальпики (800–2400 пыльцевых зерен/см²/год). В верещатнике суммарная САП составляет 2500–15410 пыльцевых зерен/см²/год, в хагениево-можжевеловом лесу — 5760–13570 пыльцевых зерен/см²/год, в афрокарпово-можжевеловом лесу — 11340–30230 пыльцевых зерен/см²/год. Отсутствие отчетливых синхронных межгодовых изменений процентов и значений САП может быть различной реакцией растений на скорость и силу ветра, осадки, количество солнечных дней и др. Также колебания в показателях пыльцевых спектров можно объяснить эндогенной ритмикой цветения.

На основе нашей работы можно сделать следующие выводы:

- значение САП и процентное содержание палинотипов в спектрах гор Бале варьируют за 2015–2019, что, вероятно, связано с фенологией растений и изменением климатических условий;
- состав изученных пыльцевых спектров в целом соответствует составу продуцировавшей их растительности с учетом транспорта пыльцы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Haselhorst D.S., Moreno J.E., Punyasena S.W. Assessing the influence of vegetation structure and phenological variability on pollen-vegetation relationships using a 15-year Neotropical pollen rain record // *Journal of Vegetation Science*. 2020. V. 31. P. 606–615.
2. Verlhac L., Izumi K., Lézine A., Lemonnier K., Buchet G., Achoundong G., Tchiengué B. Altitudinal distribution of pollen, plants and biomes in the Cameroon highlands // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2018. V. 259. P. 21–28.

S u m m a r y.

The study of modern pollen spectra is necessary for better interpretation of fossil spectra of a certain region. In order to gather data in the East African mountains (Bale Mountains, Ethiopia), a pollen rain study was carried out on the plateau, northern and southern slopes. Behling traps were used in 2015–2019 to collect material for pollen analysis. Our work has shown that pollen spectra vary from year to year. In almost all cases dominant vegetation taxa are represented in their respective pollen spectra. The dynamics of pollen rain is likely influenced by flowering phenology and climate.

ФОРМИРОВАНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ МАЛЫХ ОЗЁР ДАРВИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В ГОЛОЦЕНЕ (ОЗЕРО МОТЫКИНО)

Д.О. Садоков¹, А.В. Камыгина^{2,3}, Е.Г. Ершова³

¹*Дарвинский заповедник, д. Борок, dmitriisadokov@gmail.com*

²*ЧГУ, г. Череповец, camygina@yandex.ru*

³*МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, ekaterinagershova@mail.ru*

FORMATION OF BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL LAKES OF THE DARWIN BIOSPHERE RESERVE IN THE HOLOCENE (LAKE MOTYKINO)

D.O. Sadakov¹, A.V. Kamynina^{2,3}, E.G. Ershova³

¹*Darwin Nature Reserve, Borok*

²*Cherepovets State University, Cherepovets*

³*Moscow State University of M.V. Lomonosov, Moscow*

Аннотация.

С использованием литологических и геохимических данных из озера Мотыкина (Россия, Вологодская область) и была описана цикличность палеоседиментации и выдвинуты предположения о динамике палеоклимата на локальном уровне в Молого-Шекснинской низменности. В исследованном разрезе по геохимическим показателям (элементный состав и соотношения элементов) выделено два этапа, отчетливо различающихся по режимам осадконакопления, охарактеризованным по преобладанию минерогенной или органогенной седиментации, что позволило предположительно разграничить переход от стадияльных условий к межледниковым. Результаты исследования позволяют сопоставить спад минерогенной аккумуляции, поэтапное обмеление палеоводоёма и рост биопродуктивности постепенным установлением теплого климата.

Ключевые слова: позднеледниковье, голоцен, геохимия, осадконакопление

Введение. Молого-Шекснинская низменность (МШН) занимает ключевое положение для реконструкции динамики природно-климатических условий позднеледниковья и голоцена [6]. Тем не менее, до настоящего времени хронология климатических изменений и проблема образования ледниковых отложений в центральной части МШН по-прежнему слабо изучены [2]. Одни из первых достоверно датированных материалов локальной динамики климата МШН в позднеледниковье и раннем голоцене, подкрепленные данными органической и неорганической геохимии, а также результатами палинологических исследований, были получены для озера Хотавец (центральная часть МШН), где цикличность палеоседиментации и палеоклимата была подробно изучена для временных срезов 13,5 – 12,9, 12,9 – 11,8 и 11,8 – 11,1 кал. тыс. л. н., соотнесенных с аллередом, поздним дриасом и пребореалом соответственно [2, 6].

Характеристика района исследования. Озеро Мотыкино (N 58.550895°, E 37.613226°) расположено на севере Восточно-Европейской равнины (Вологодская область, Дарвинский заповедник) (рис. 1) и относится к малым

реликтовым озерам, сохранившимся со времени дегляциации последнего покровного оледенения [6]. Озеро расположено на высоте 104 м над уровнем моря, занимает площадь 0,023км² средняя глубина составляет 3 м.

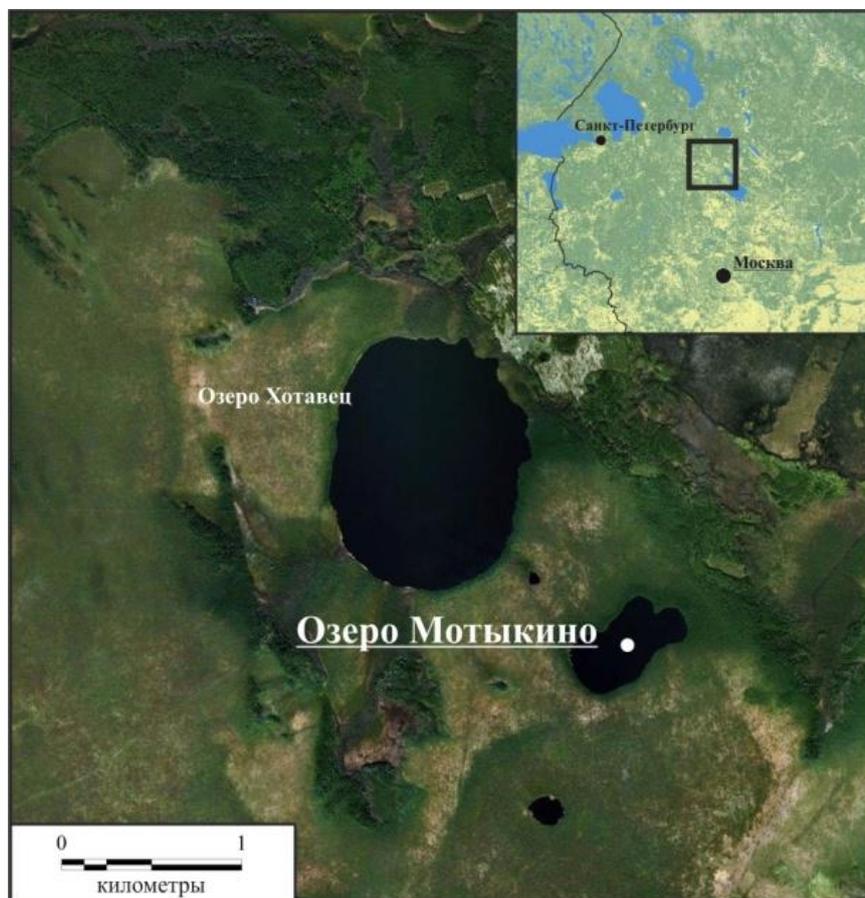


Рис. 1 Местоположение района исследований.

Район исследования относится к северо-западной подобласти атлантико-континентальной лесной климатической области умеренного пояса. Более 80% территории Дарвинского заповедника занимают сфагновые верховые болота и заболоченные леса, а на заболоченных равнинах расположено около двух десятков небольших озер [1].

Материалы и методы. Керны озерных отложений были извлечены в марте 2022 года полуцилиндрическим русским буром (диаметр 5 см, длина пробоотборника 1 м), со льда. Общая мощность вскрытых отложений составила 241 см (три керна), что соответствует диапазону глубин 375-616 см от поверхности льда. Литологическое описание и фотографирование кернов было выполнено сразу после отбора. Рентгенофлуоресцентное сканирование выполнялось в Институте океанологии РАН в сентябре 2022 года к.г.-м.н. Д.Г.

Борисовым с использованием анализатора GeotekCoreWorkstation (MSCL-XYZ) (разрешение съемки 4 мм с Rh-анодом) [5].

Было определено распределение 22 химических элементов по разрезу. В работе представлены результаты изучения вертикального распределения для элементов Ti, Fe, а также геохимических индексов Mn/Fe и Ca/(Al+Ti+Fe).

Результаты и обсуждение. Нижняя часть отобранной колонки донных отложений озера Мотыкина (616–567 см глубины) представлена черно-коричневым плотным темно-коричневым сапропелевидным торфом средней степени разложения, слабо минерализованным. Подстилающие породы не были захвачены. Начиная с глубины 600 см наблюдается ритмичная цветовая слоистость, читающаяся до 570 см, выделенная на основе различий в плотности, ботаническом составе и минерализации слоев отложений. После маломощного слоя 570–567 см, представленного зеленоватым органометаллическим алевропелитом, осадки до своей верхней границы представлены вязкими слабоуплотненными илами (рис. 2), с большим количеством растительных макроостатков (корней и семян).

В распределении содержания элементов титана (Ti) и железа (Fe) в позднеледниковье и раннем голоцене наибольшие значения с большой амплитудой колебаний наблюдаются в нижней части колонки (глубина 616–565 см). На глубине 569–565 см регистрируется резкий скачкообразный спад значений Ti и Fe. С глубины 565 см и до верхней границы отложений содержание Fe и Ti сохраняется стабильно на близком к нулю уровне.

По всему разрезу значения Mn/Fe колеблются с большой амплитудой. На интервале глубин с 616 см до 575 см сохраняются значения Mn/Fe, близкие к нулю, сменяющиеся резким ростом на глубинах 575–564 см, и более плавно возрастают до верхней границы отложений.

Для показателя Ca/(Al+Ti+Fe) отмечены минимальные значения без выраженных колебаний на глубине 616–571 см, возрастающие к глубине 565–478 см. Резкий спад зарегистрирован на интервале 478–434 см, на фоне которого отмечена группа пиков на глубине 450–442 см. На верхних 32 см разреза показатель Ca/(Al+Ti+Fe) достигает высоких значений.

В исследованном разрезе по геохимическим показателям выделяются два этапа, отчетливо различающихся по режимам осадконакопления. Отложения, с глубин 616–565 см формировались в обстановке интенсивной аккумуляции аллохтонного минерального материала, о чем свидетельствуют высокие концентрации Ti и Fe [3]. Примечателен кратковременный эпизод скачка

содержания Fe и Ti на фоне тенденции к окончательному сокращению их количества (рис. 2). Схожее наблюдение было сделано для содержания литофильных элементов (в том числе, Ti) в осадках близлежащего озера Хотавец (рис. 1) в конце позднего дриаса [6].

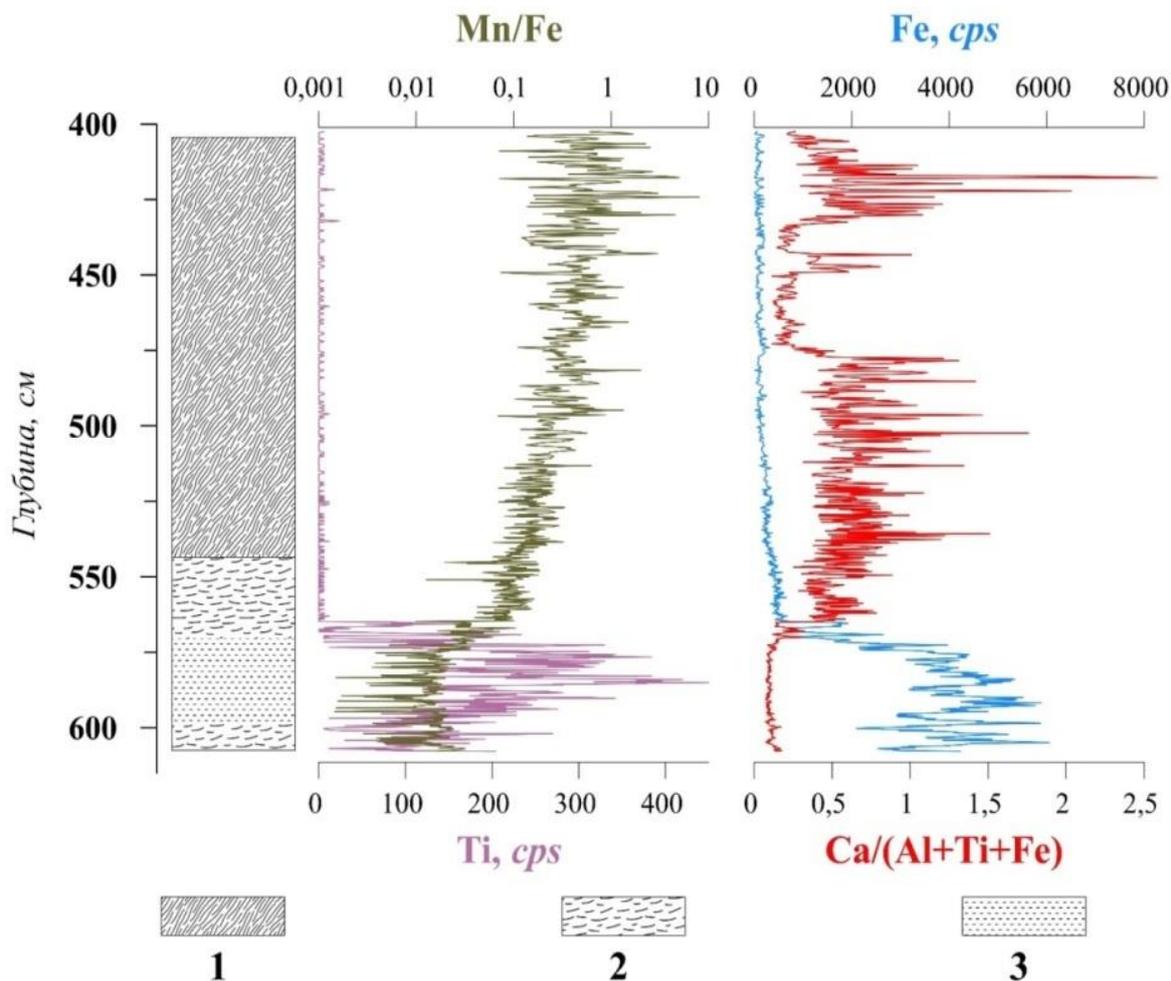


Рис. 2. Литологическая колонка и вертикальное распределение Ti, Fe, Mn/Fe и Ca/(Al+Fe+Ti) в отложениях озера Мотыкина. 1 – органогенные илы, 2 – ритмично-слоистый сапропелевидный торф, 3 – сапропелевидный торф с макроостатками.

Направленный спад содержания Ti и Fe к глубине 565 см, и практически полное их отсутствие в перестилающих илах является свидетельством ослабления физического выветривания на водосборе. Рост значений показателя Ca/(Al+Ti+Fe) на этом же интервале может указывать на повышение биопродуктивности водоёма [4], вследствие наступления благоприятных климатических условий (межледниковье) [2]. Этот переход подтверждается ростом значений соотношения Mn/Fe, указывающего на улучшение снабжения придонных вод кислородом, предположительно, вследствие сокращения глубины водоема [4].

Выводы. Литологическое строение и геохимические свойства озерных и озерно-торфяных отложений озера Мотыкина позволяют ассоциировать спад минеральной аккумуляции, постепенное обмеление палеоводоёма и рост биопродуктивности по мере установления теплого климата, что аналогичным образом было прослежено для озера Хотавец в начале голоцена [6].

Благодарности. Исследование выполнялось в рамках проекта РНФ 19-14-00102 и программы НИР в Дарвинском заповеднике № 122061700062-1. Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. Д.Г. Борисову за обработку рентгенофлуоресцентных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А.В., Зеленецкий Н.М., Рыбникова И.А., Немцева Н.Д., Калуцкова Н.Н. Очерк природных условий Дарвинского заповедника // Труды Дарвинского государственного природного заповедника. 2006. С. 5-21.
2. Сапелко Т.В., Садоков Д.О. Палинология озер Молого-Шекснинской низменности. // Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XV Всероссийской палинологической конференции. Под ред. Н. С. Болиховской. М: ГЕОС, 2022. С. 316-320.
3. Cohen A.S. Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems. New-York: Oxford University Press, 2003, 500 p.
4. Davies S.J., Lamb H.F. and Roberts S.J. 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. Croudace I.W., Rothwell R.G.. (Eds.). Springer, 2015. V. 17. P. 189-226.
5. Murdmaa I., Ivanova E. (Eds.). The Ioffe Drift. Springer, 2021. 195 p.
6. Sadokov D.O., Sapelko T.V., Fedorov G.B. Late-Glacial and Early Holocene history of Lake Khotavets (Mologa-Sheksna Lowland, NW Russia): a geodiversity conservation case study // Limnology and Freshwater Biology. 2022, 4. P. 1562-1564.

Summary.

Local palaeoclimate and palaeosedimentation changes in the Mologa-Sheksna Lowland were studied using lithological and geochemical data from Lake Motykino (Russia, Vologda region). Two units with different sedimentation regime were derived from geochemical proxies for the studied section. Enhanced minerogenic accumulation was associated with stadial conditions (Younger Dryas), followed by the increase of organic sedimentation (the Holocene). The results enable to correlate the decline of mineral accumulation, the gradual shallowing of the paleolake and the growth of bioproductivity with the onset of warm climate.

ПРИРОДНАЯ РИТМИКА ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЯ И РАННЕГО ГОЛОЦЕНА В РОСТОВСКОЙ НИЗИНЕ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

А.В. Самусь¹, Е.А. Константинов¹, О.К. Борисова¹

¹*Институт географии РАН, г. Москва, avsamus@igras.ru*

THE NATURAL RHYTHM OF THE LATE GLACIAL AND THE EARLY HOLOCENE IN THE ROSTOV LOWLAND ACCORDING TO THE MULTI-PROXY STUDIES OF LACUSTRINE AND PALUSTRINE SEDIMENTS

A.V. Samus¹, E.A. Konstantinov¹, O.K. Borisova¹

¹*Institute of Geography RAS, Moscow*

Аннотация.

В статье приводятся результаты исследования отложений скважины, расположенной на озерно-аллювиальной равнине к западу от озера Неро. Комплексный анализ отложений (методом спорово-пыльцевого анализа, ботанического анализа торфа, радиоуглеродного датирования, определения потерь при прокаливании) и сопоставление с литературными материалами позволили провести реконструкцию изменения природной среды в Ростовской низине в позднеледниковье и раннем голоцене.

Ключевые слова: озеро Неро, торфяники, комплексный анализ, спорово-пыльцевой анализ, позднеледниковье, пребореальный период

Ростовская низина – депрессия рельефа, расположенная приблизительно в 180 км к северо-востоку от Москвы. В пределах низины, в ее южной, наиболее пониженной части, находится озеро Неро, которое уже более ста лет привлекает внимание исследователей. Несмотря на долгую историю изучения котловины озера и его террасового комплекса, до сих пор для этой территории не были получены полные разрезы озерных и болотных осадков позднеледниковья и раннего голоцена (и, в частности, пребореального периода), подкрепленные абсолютными датировками. Пребореальные слои часто либо имеют небольшую мощность [1], либо вовсе отсутствуют в колонках отложений [2].

В нашем исследовании предпринята попытка частично заполнить этот пробел путем изучения отложений, вскрытых на поверхности озерно-аллювиальной равнины к западу от озера Неро. Ключевым объектом исследования является скважина К7С (N 57.191579; E 39.310386), ее высота над урезом озера Неро – 11 м. Длина колонки К7С составляет 2 м. Согласно серии радиоуглеродных датировок, время формирования большей части этих отложений относится к позднеледниковью и раннему голоцену. В связи с этим колонка К7С представляет большой интерес для проведения палеогеографических реконструкций.

В рамках исследования был проведен спорово-пыльцевой анализ 37 образцов отложений из скважины К7С. Все образцы обрабатывались по сепарационному методу В.П. Гричука [3] с применением ацетолиза [4]. Для расчета концентрации пыльцы перед началом лабораторной обработки в образцы добавлялись таблетки с «маркирующими» спорами *Lycopodium* [5]. В дальнейшем препараты просматривались под микроскопом с увеличением $\times 400$. Построение спорово-пыльцевых диаграмм проводилось в программе Tilia [6].

Помимо палинологического анализа, для отложений скважины были определены потери при прокаливании (ППП) в температурном режиме 550°C . Ботанический анализ торфа был проведен Стойкиной Н.В. в лаборатории болотных экосистем ИБ КарНЦ РАН. Шесть радиоуглеродных датировок было получено в лаборатории ядерной геофизики и радиоэкологии Центра исследования природы (Вильнюс, Литва), на их основе построена глубинно-возрастная модель.

Данные, полученные нами по скважине К7С, были сопоставлены с опубликованными материалами по разрезам озерно-болотных отложений исследуемой территории: 1) сводный стратиграфический разрез новейших отложений котловины озера Неро [1]; 2) колонка донных отложений озера Неро [2].

Нижние горизонты колонки К7С, представленные легким суглинком (2.0-1.83 м) и слабо оторфованным суглинком (1.83-1.65 м), накапливались в позднеледниковье. На спорово-пыльцевой диаграмме им соответствует палинозона 1. Внутри палинозоны 1 выделено две подзоны – 1А (2.0-1.87 м) и 1Б (1.87-1.63 м), которые, согласно составу спорово-пыльцевых спектров и возрастной модели, относятся к аллереду и позднему дриасу, соответственно.

Для нижних горизонтов колонки К7С (2.0-1.83 м) характерно очень низкое содержание органического материала (ППП не превышают 2%). На этих же глубинах общая концентрация пыльцы минимальна (5-6 тыс. зерен на см^3). Скорее всего, это свидетельствует о высокой скорости осадконакопления. Выше по разрезу содержание органического материала увеличивается (на глубинах 1.82-1.64 м ППП составляют от 6 до 28%).

В общем составе спорово-пыльцевых спектров палинозоны 1 пыльца деревьев и кустарников (44%-60%) и трав и кустарничков (38%-55%)

присутствует примерно в равном количестве. В подзоне 1А доминантами в древесной группе являются *Picea* и *Betula sect. Albae*, в меньшем количестве присутствует пыльца *Pinus s/g Diploxylon*. В подзоне 1Б уменьшается доля пыльцы ели, сосны, растёт процентное содержание пыльцы березы. Характерна значительная роль кустарников – *Betula sect. Fruticosae*, *B. sect. Nanae*, *Salix*. В группе трав увеличивается доля пыльцы *Artemisia*, *Chenopodiaceae*. Характерно высокое таксономическое разнообразие пыльцы трав.

Вероятно, в конце аллерёда и позднем дриасе на этой территории были распространены березовые и еловые редколесья в сочетании с полынно-маревыми и разнотравными сообществами. К близким выводам пришли З.В. Алешинская и В.С. Гунова в своем исследовании [1]. Также они отмечали, что в позднем дриасе озеро Неро представляло собой холодный олиготрофный водоем, его уровень был выше современного, а в составе диатомовой флоры присутствовали виды, характерные для приледниковых озер: *Cocconeis disculus*, *Navicula scutelloides* и др. Однако вопрос о колебаниях уровня озера Неро остается дискуссионным. Так, данные Wohlfarth et al. [2], напротив, говорят о низком уровне озера в позднем дриасе и раннем голоцене.

Согласно исследованию Wohlfarth et al. [2], в аллерёде в озере Неро накапливались горизонты торфяной гиттии и илесто-песчаной гиттии. По данным спорово-пыльцевого анализа, в окрестностях озера росли кустарники (*Betula* и *Salix*) и разнотравные фитоценозы. Также в это время на окружающей озеро территории расселились *Betula sect. Albae*, *Picea abies* и *Pinus sylvestris*. Wohlfarth et al. [2] реконструировали значительное понижение уровня озера Неро после 13.5 тыс. кал. л.н. Об этом свидетельствуют найденные в этих горизонтах макроостатки *Betula nana*, а также включения раковин моллюсков *Valvata piscinalis*, тяготеющих в своем естественном ареале к олиготрофным прибрежным зонам. В интервале от 13 до 8.2 тыс. л.н. в отложениях в этом разрезе фиксируется перерыв в осадконакоплении.

Недавно было проведено исследование новой перспективной колонки NER-5 [7], извлеченной из наиболее глубокой части озера Неро (на глубине 3.7 м). В результате было установлено, что в наиболее пониженной части

Ростовской котловины озерная аккумуляция продолжалась с последнего ледникового максимума до современности (с небольшими перерывами в осадконакоплении). Палинологические данные для отложений из этой скважины пока не были получены, однако в настоящее время комплексные исследования этой колонки продолжаются.

Отложения пребореального периода в скважине К7С имеют мощность 0.75 м; они представлены горизонтами оторфованного суглинка и торфа. Им соответствуют палинозоны 2 (1.63-1.18 м) и 3А (1.18-0.87 м). Содержание органических веществ резко возрастает на рубеже позднего дриаса и пребореала с 20 до 40%, а на глубине 1.4 м и выше оно увеличивается до 80%.

Палинозона 2 охватывает возрастной интервал от 11.75 до 11 тыс. кал. л.н. В общем составе спектров возрастает доля спор, за счет чего уменьшается доля пыльцы древесных пород (от 5% до 43%), а процентное содержание пыльцы трав остается неизменным по сравнению с палинозоной 1. В группе трав и кустарничков доминирует пыльца *Poaceae*. На этих же глубинах встречаются многочисленные макроостатки *Phragmites*, *Typha*. Доля пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae* уменьшается. Присутствует пыльца прибрежно-водных растений – *Typha latifolia*, *Sparganium*. Отмечаются зерна *Ephedra* и *Thalictrum*, характерных для перигляциальных флор центральных районов Восточно-Европейской равнины. В группе деревьев доминантом является *Betula sect. Albae*. Доля пыльцы ели уменьшается внизу вверх в пределах палинозоны, доля пыльцы сосны – увеличивается. В группе спор доминируют *Polypodiaceae*.

Палинозона 3А охватывает интервал от 11 до 10.75 тыс. кал. л.н. От палинозоны 2 ее отличает более высокая доля древесной пыльцы в общем составе спектров, возросшая доля пыльцы сосны, широколиственных пород (*Quercus*, *Corylus*), очень низкая доля пыльцы ели, более низкое содержание пыльцы кустарников, преобладание пыльцы *Syringaceae* в группе трав.

Можно заключить, что с 11.75 до 11 тыс. л.н. в окрестностях скважины К7С существовало тростниковое низинное болото, которое позже трансформировалось в осоковое болото. На территории исследования в пребореальном периоде произрастали сосновые и березовые леса. Кое-где могли сохраняться еловые перелески. В условиях повышенной

увлажненности (на болотах, по берегам озер) произрастали рогоз, ежеголовник, злаки, а также березы и ивы.

Палинозона ЗБ (0.87-0.57 м) объединяет спорово-пыльцевые спектры осадков возрастом 10.75-8.2 тыс. лет. Она соответствует горизонту торфа с прослоями органоминерального ила. Для нее характерна значительная доля пыльцы *Betula* sect. *Albae*, *Pinus* s/g *Diploxylon*, Cyperaceae, а также разнообразие пыльцы деревьев и кустарников, характерных для широколиственных лесов (*Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Lonicera*, *Sambucus*). Вероятно, растительный покров бореального периода был представлен сосново-березовыми лесами с участием в них широколиственных пород (дуба, вяза, липы). В подлеске произрастали лещина, жимолость, бузина. Результаты других исследований [1] также подтверждается распространение сосново-березовых лесов в бореальном периоде на этой территории.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-27-00639).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешинская З.В., Гунова В.С. Новейшие отложения и палеогеография озера Неро // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 1997. № 1. С. 49-52.
2. Wohlfarth B., Tarasov P., Bennike O., Lacourse T., Subetto D., Torssander P., Romanenko F. Late glacial and Holocene palaeoenvironmental changes in the Rostov-Yaroslavl' area, West Central Russia // Journal of Paleolimnology. 2006. Vol.35. P.543–569.
3. Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз, 1948. 224 с.
4. Мазей Н.Г., Новенко Е.Ю. Применение пропионового ангидрида при подготовке проб для спорово-пыльцевого анализа // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2021. № 6(3). С. 110-112.
5. Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen et Spores. 1971. Vol. 13. P. 614–621.
6. Grimm E.C. TILIA and TILIA*GRAPH.PC spreadsheet and graphics software for pollen data // INQUA, Working Group on Data-Handling Methods, Newsletter. 1990. Vol. 4. P. 5–7.
7. Borisova O., Konstantinov E., Utkina A., Baranov D., Panin A. On the existence of a large proglacial lake in the Rostov-Kostroma lowland, North-Central European Russia // Journal of Quaternary Science. 2022. P. 1-18.

S u m m a r y.

A multiproxy study (pollen analysis, loss-on-ignition, botanical composition analysis of peat) of a sedimentary sequence located on the lacustrine-alluvial terrace west of Lake Nero, supported by a high-resolution radiocarbon chronology, provides a record of environmental change for the Late Glacial and the Early Holocene.

ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ГОЛОЦЕНА ПО НОВОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЕ И СХЕМА БЛИТТА-СЕРНАНДЕРА

Т.В. Сапелко

Институт озераведения РАН, СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, tsapelko@mail.ru

HOLOCENE SUBDIVISIONS ACCORDING TO THE NEW INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC SCALE AND THE BLITT-SERNANDER SCHEME

T.V. Sapelko

Institute of Limnology RAS – SPC RAS, St. Petersburg

Аннотация.

Принятые в 2018 г. Международной комиссией по стратиграфии границы голоценового периода не могут быть восприняты однозначно и использоваться мировым сообществом. Приведенные сравнения подразделений новой Международной стратиграфической шкалы и схемы Блитта-Сернандера, а также региональных шкал с событийной стратиграфией, показывают несовпадения основных границ. Для уточнения стратиграфической шкалы предлагается использовать в качестве дополнительных стратотипов разрезы озерных отложений, изученные комплексным методом. В качестве примера такого разреза предложен разрез оз. Медведевского на Карельском перешейке.

Ключевые слова: стратиграфия голоцена, схемы, регионы, озерные стратотипы, палинология, комплексные исследования

Международной комиссией по стратиграфии Международного Союза Геологических Наук 14 июня 2018 была утверждена схема для голоценового периода, разработанная группой геологов под руководством профессора Майкла Уолкера [1-2]. Выделены три подразделения голоцена: гренландий (Greenlandian) – нижний/ранний голоцен (8,2–11,7 тыс. лет); нортгриппий (Northgrippian) – средний голоцен (4,2–8,2 тыс. лет) и мегалаий (Meghalayan) – верхний/поздний голоцен (0–4,2 тыс. лет назад). Схема разработана на основании изотопных данных по ледяным кернам Гренландии и горного ледника в Канаде, а также сталактитам из пещер Индии и Бразилии. При этом биостратиграфические данные в схеме не учтены совсем. Схема Блитта-Сернандера, основанная на этапности развития растительности, за многие годы хорошо оправдала себя на значительной территории Северной Евразии [3]. Хорошо известно, что схема Блитта-Сернандера также работает не для всех регионов. Однако для значительной территории, включающей в себя европейскую часть России и Западную Европу, она хорошо применима. Это подтверждают, например, многочисленные разрезы по голоцену Балтийского региона [4-6], Норвегии, Финляндии, Швеции [7], Польши, Эстонии, Латвии, Литвы [6] и других европейских стран [8]. После принятия трех подразделений голоцена и включения их в Международную стратиграфическую шкалу далеко не все специалисты стали активно

пользоваться новой схемой. К сожалению, отмечаются и случаи подгонки авторских данных под новые границы, абсолютно без учета того, что результаты скорее подтверждают подразделения схемы Блитта-Сернандера, а не новую схему. Также появились интересные исследования, в рамках которых авторы анализируют свои результаты, сравнивая обе схемы. Так, для территории Эстонии специалисты не только сравнили новые подразделения голоцена со схемой Блитта-Сернандера, но и сопоставили их с археологическими культурами и стадиями уровня моря [9]. В результате несмотря на то, что авторы пишут о том, что, например, летние температуры начинают увеличиваться 8200 кал. лет назад, на их же приведенной схеме четко видно, что потепление начинается раньше, около 9000 кал. лет назад. Похожая ситуация и с началом уменьшения приведенных для территории Эстонии летних температур для периода 4200 кал. лет назад. На схеме четко видно, что температуры начинают снижаться не 4200 кал. лет назад, а гораздо раньше около 6000 кал. лет назад в конце атлантического периода. При этом температурная кривая построена по палинологическим данным из озерных отложений. Это достаточно надежный источник для климатических реконструкций голоцена, принятый во всем мире [10]. Весьма критичный обзор, выполненный недавно по Швеции [11] показывает, что многие вопросы, в связи с переходом на новую схему, остаются нерешенными и требуют решения в будущем. Так, автор обзора, например, перечисляет 9 событий голоцена, связанных с похолоданиями, которые также хорошо коррелируются по разрезам Швеции и за ее пределами. В обобщающей работе по реконструкции растительности северной Фенноскандии [12] выделены схожие границы изменения растительности в голоцене. Тундровая растительность была преобладающей в позднеледниковье и ранние периоды голоцена. Приморские березовые леса, богатые папоротником, начали расширяться с 11 000 кал. лет назад и доминировали 10 000 кал. лет назад. Около 8000 кал. лет назад распространилась сосново-березовые леса. Следующие изменения, связанные с деградацией лесов и распространением березняков, произошли около 6000 кал. лет назад, что в дальнейшем около 3500 кал. лет назад привело к распространению открытых вересковых пустошей. Как известно на изменения растительности прибрежных территорий влияет не только климат, но и изменения уровня моря. В связи с

этим некоторая разница в границах со схемой Блитта-Сернандера понятна и объяснима. Однако связи с новыми подразделениями голоцена здесь также не прослеживается.

Если говорить о возрастных рубежах, которые предлагается принимать в качестве границ голоцена, то они явно таковыми не являются. Похолодание 8200 лет назад, продолжительностью около 160 лет [13], действительно отмечается во многих разрезах и фиксируется, как по изотопным, так и по палинологическим данным. Однако прослеживается это похолодание не повсеместно. Наиболее четко снижение летних температур воздуха отмечается в северных регионах. По мере продвижения вглубь континента степень похолодания уменьшается, и в восточных районах холодный эпизод уже практически не фиксируется в спорово-пыльцевых диаграммах. Обзор многочисленных палинологических данных Балтийского региона [6,13] показывает, что высокоразрешающая способность длинных озерных разрезов и интеграция в них многочисленных био-климатических летописей вполне может быть задействована в международной стратиграфической шкале [14]. Примерам осадочной последовательности, которая может выполнить роль глобального или крупного регионального стратотипа голоцена может быть разрез оз. Медведевского на Карельском перешейке. Наши комплексные исследования колонки донных отложений оз. Медведевского [15] позволили выделить по палинологическим данным начало перестройки растительного покрова. Открытые тундровые ландшафты с преобладанием *Artemisia*, *Poaceae*, *Superaceae*, *Chenopodiaceae*, *Betula nana*, сменились лесотундровыми с преобладанием древесных форм берез. Граница, проведенная по этим данным, была подкреплена данными радиоуглеродного датирования и тефрохронологией, что позволило опустить нижнюю границу голоцена с 11000 калиброванных лет назад до 12000 кал. лет назад [16]. В результате проведенные исследования позволили четко фиксировать рубеж плейстоцена и голоцена по смене растительных сообществ, связанных с потеплением климата. Установлена связь между выделенными хронозонами и шкалой GRIP [17]. Кроме того, результаты палинологического анализа донных отложений оз. Медведевского сопоставлены с палинологическими данными из других разрезов озерных отложений Европы, где также был найден прослой вулканического пепла исландского вулкана Катла [18]. Проведенные

исследования позволили по смене растительных сообществ четко фиксировать как начало голоценового периода, так и все хронозоны голоцена, сопоставленные со схемой Блитта-Сернандера [19]. Делая выводы о синхронности и асинхронности событий важно учитывать региональные факторы, по которым возможно деление более крупных периодов голоцена на более мелкие. Например, атлантический период (АТ) часто делят на АТ-1, АТ-2 и АТ-3. Однако, выделяются они не везде. Более мелкие подразделения имеют региональный характер и не могут служить надёжным хронологическим маркером для больших территорий. К подобным короткопериодным региональным событиям относятся и события 4.2 и 8.2. Крупные же периоды голоцена по палинологическим данным выделяются повсеместно. Для уточнения их границ следует отбирать в качестве стратотипов разрезы донных отложений малых озёр. При этом палинологические данные обязательно должны быть подкреплены результатами исследований с максимальным набором других методов. В нашем распоряжении имеются оригинальные данные по трансекту с севера на юг для Европейской части России [4].

Для уточнения границ голоцена в Международной стратиграфической шкале необходимо проследить новые границы подразделений голоцена, выделенные на основании изотопного метода, в ряде осадочных разрезов в различных природных зонах, изученных комплексным методом с обязательным набором радиоуглеродных датировок.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме № FMNG-2019-0001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Walker, M. J. C. et al. 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. V. 27. P. 649–659.
2. Walker, M et al. Subdividing the Holocene Series/Epoch: formalization of stages/ages and subseries/subepochs, and designation of GSSPs and auxiliary stratotypes//*Journal of Quaternary Science*. 2019. 34. P. 173–186.
3. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 199с.
4. Сапелко Т.В., Субетто Д.А., Кузнецов Д.Д. Обоснование стратиграфических границ голоцена//*Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства*. М.: Геологический институт РАН, 2013. С. 384–385.

5. Сапелко Т.В., Тесаков А.С. Проблемы международной шкалы голоцена//Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал России. 2016. СПб: ВСЕГЕИ,. С. 150-152.
6. Borzenkova I. et al. Climate Change During the Holocene (Past 12,000 Years). The BACC II Author Team (Toim.). Climate Change for the Baltic Sea Basin. 2015. Springer. P 25–49.
7. Seppä H., Bjune A.E., Telford R.J. et al. Last nine-thousand years of temperature variability in Northern Europe//Clim. Past. 2009. V. 5. P. 523–535.
8. Seddon A.W.R., Macias-Fauria M and Willis K.J. Climate and abrupt vegetation change in Northern Europe since the last deglaciation//The Holocene. 2015. 25(1). P. 25–36.
9. Hang T., Veski S., Vassiljev J. et al. A new formal subdivision of the Holocene Series/Epoch in Estonia//Estonian Journal of Earth Sciences, 2020, 69, 4, 269–280.
10. Raukas et al. A new version of the Holocene stratigraphy in Estonia // Proceedings of Estonian Academy of Sciences. Geology. 1995. 44. P. 201–210.
11. Wastegård S. The Holocene of Sweden – a review//GFF. 2022. P.1-24.
12. Sjogren, P. and Damm, C. Holocene vegetation change in northernmost Fennoscandia and the impact on prehistoric foragers 12 000–2000 cal. a BP – A review//Boreas. 2019. V. 48. P. 20–35.
13. Борзенкова И.И. и др. Холодный эпизод около 8200 лет назад в Северной Европе: анализ эмпирических данных и возможных причин//Лёд и Снег. 2017. 57(1). С. 117-132.
14. Тесаков А.С. О предлагаемой новой схеме подразделения голоцена в Международной стратиграфической шкале//Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2015. № 74. С. 5–6.
15. Subetto D.A., Wohlfarth B., Davydova N.N., Sapelko T.V. et al. Climate and environment on the Karelian Isthmus, northwestern Russia, 13000-9000 cal. yrs BP//Boreas. 2002. Vol. 31. P. 1-19.
16. Борисов Б.А. Об изменении уровня нижней границы четвертичной системы и уточнении возраста границ её основных подразделений//Региональная геология и металлогения. 2010. № 41. С. 26 –28.
17. Walker M., Johnsen S., Rasmussen S.O. et al. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records//Journal of Quaternary Science. 2009. 24. P. 3–17.
18. Lowe J. Abrupt climatic changes in Europe during the last Glacial–Interglacial transition: the potential for testing hypotheses on the synchronicity of climatic events using tephrochronology//Global and Planetary Change. 2001. 30. P. 73–84.
19. Сапелко Т.В. Особенности формирования растительного покрова в поздне-последледниковье на юге Карелии//Вестник СПбГУ. 2002. Сер. 7. Вып. 2 (№ 15). С. 105-110.

Summary.

The boundaries of the Holocene adopted in 2018 by the International Commission on Stratigraphy cannot be unambiguously accepted and used by the world community. The above comparisons of the divisions of the new International Stratigraphic Scale and the Blitt-Sernander scheme, as well as regional scales with event stratigraphy, show discrepancies in the main boundaries. To refine the stratigraphic scale, it is proposed to use cores of lacustrine deposits studied by the complex method as additional stratotypes. As an example of such a core, a core of the Lake Medvedevskoye on the Karelian Isthmus is proposed.

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ И ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В ДОЛИНЕ РЕКИ БРЯНКИ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

М.В. Смирнов¹, Ю.В. Рыжов^{1, 2, 3}

¹*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, smv.38@mail.ru*

²*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, ryzhov Yuriy@yandex.ru*

³*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск*

SOIL FORMATION AND SEDIMENTATION IN THE BRYANKA RIVER (REPUBLIC OF BURYATIA)

M.V. Smirnov¹, Y.V. Ryzhov²

¹*Institute of the Earth Crust Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk*

²*Irkutsk State University, Irkutsk*

³*V.B. Sochava Institute of Geography Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk*

Аннотация.

Изучение почвообразования и осадконакопления в долине реки Брянки (республика Бурятия) помогает понять и выделить продолжительность аккумуляции отложений. Объектом исследования были выбраны почвы и отложения на первой и второй надпойменной террасе р. Брянки, потому что именно аллювиальные почвы являются хорошими маркерами изменений природной среды. На изучаемой первой надпойменной террасе мы выделили три литологических пачки отложений, на второй террасе всю толщу можно разделить на 5 пачек отложений, которые отличаются друг от друга по ряду свойств. На основании проведенных анализов был выявлен сложный генезис вскрытых отложений, наблюдаются следы аридизации климата, выражающиеся активизацией эоловых процессов.

Ключевые слова: почвообразование, осадконакопление, ландшафтно-климатические изменения, позднеледниковье, голоцен.

В последние десятилетия большое внимание ученых приковано к изучению палеоклиматических и палеоландшафтных обстановок [1, 3]. Одной из составляющих таких исследований является изучение свойств почв и отложений, которые хранят информацию о былых эпохах.

В Байкальском регионе подобные исследования стали вестись довольно активно, в последние годы достигнут заметный прогресс [2] в изучении региональных ландшафтно-климатических изменений. Но сведения о специфике почвообразования и осадконакопления по долинам рек бассейна реки Селенги в литературе встречаются достаточно редко [3, 5].

В почвенных разрезах видны разные этапы накопления материала и стабилизации дневной поверхности. Этапы активизации экзогенных процессов отображаются в слоях осадков. Цикличное строение подобных разрезов отражает смены интенсивности и характера процессов рельефообразования, подчиненные динамике ландшафтно-климатических условий [5].

Наиболее подробную и интересную информацию можно получить из отложений сформированных за последние 24 тыс. лет, так как этот промежуток

времени, включающий позднеледниковье и голоцен, славится большими изменениями природной среды, которые изменили характер и структуру современных ландшафтов [4].

Изучение периодов осадконакопления в долинах рек помогает понять с какой скоростью и в какой период времени происходило почвообразование и осадконакопление. В связи с изменением климата, такие исследования важны для представления развития рельефа в Бурятии и Западном Забайкалье [3].

Нами были выбраны почвы и отложения на первой и второй надпойменной террасах р. Брянки, южнее села Старая Брянь.

Разрез СБ-1 заложен на уступе северо-восточной экспозиции второй надпойменной террасы по правому борту долины р. Брянки. Верхняя часть разреза (0-51 см) представлена стратифицированной толщей эолово-делювиального генезиса, лежащая на лесной почве имеющей сложный элювиально-эолово-делювиальный генезис. Цвет верхней толщи и погребенной почвы от серовато-коричневой до желтовато-светло-коричневой. Нижняя часть вскрытых отложений с глубины 123 см обладает заметной слоистостью, в виде чередования прослоек разного гранулометрического состава (в темноокрашенных- супесчаного, в более светлых- песчаного) и имеет аллювиальный генезис.

Разрез СБ-5 заложен на левобережье реки Брянки. На восточном уступе первой надпойменной террасы реки. Во внешнем облике разреза можно увидеть чередование горизонтов, различающиеся по цвету, гранулометрическому составу. Верхние 80 см представлены современной каштановой почвой, на поверхности которой отмечается «свежий» эоловый нанос. Цвет почвы от темно-коричневой до желтовато-светло-коричневой, цвет наноса желтовато-светло-серый. Средняя часть профиля обладает заметной слоистостью, в виде чередования прослоек темной и светлой окраски, характерной для отложений пойм, формировавшихся в условиях разной интенсивности паводков.

На второй террасе (СБ-1) всю толщу можно разделить на 5 пачек отложений, которые отличаются друг от друга по ряду свойств (рис. 1).

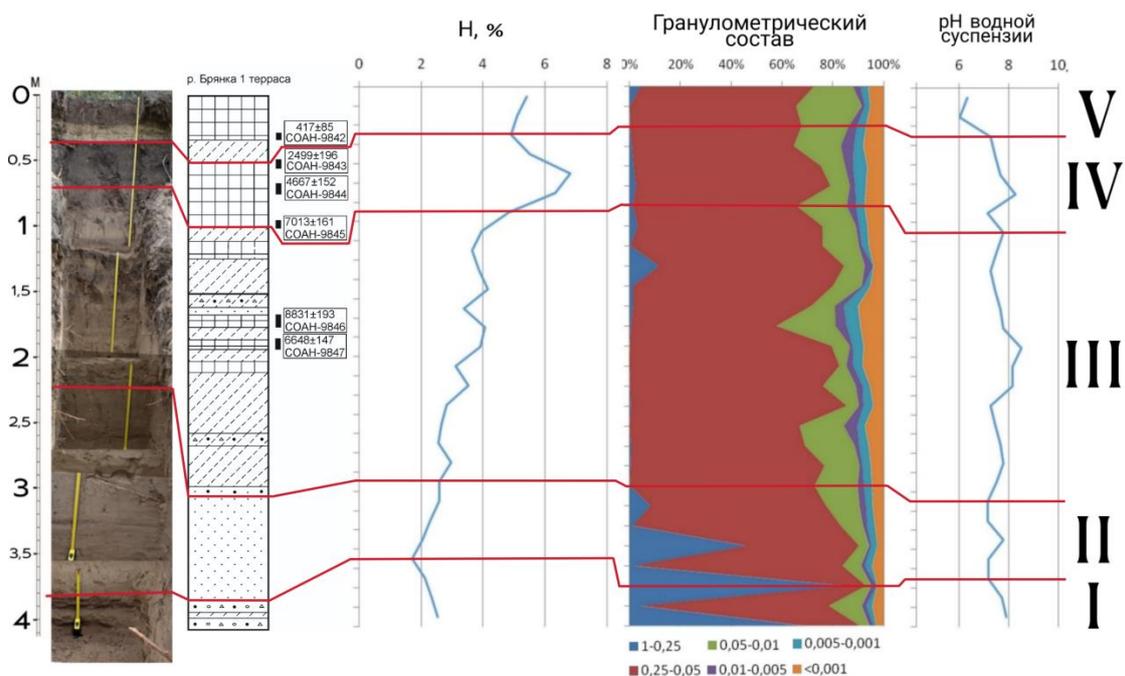


Рис. 1. Физико-химические свойства почв и отложений второй террасы реки Брянки

Первая пачка состоит из отложений руслового аллювия. Характеризуется повышенным содержанием фракций песка в гранулометрическом составе. Такие особенности свидетельствуют о высокой гидродинамической активности реки. Обращает на себя внимание повышенное содержание гумуса (до 2,8%), не свойственное для руслового аллювия, вероятно в аллювий были включены гумусированные фрагменты подмытой дернины или принесены растительные остатки.

Вторая пачка представлена тонкослоистыми отложениями, уменьшением содержания фракций мелкого песка и крупной пыли и увеличением доли крупного песка в гранулометрическом составе, малой гумусированностью. Это свидетельствует об активизации пойменных процессов и о низкой скорости гумусообразования.

Третья пачка представлена чередованием темно- и светлоокрашенных слоев мощностью 8-10 см со средней гумусированностью, увеличением илистой фракции и чередованием мелкого песка с крупной пылью в гранулометрическом составе отложений. Такой характер распределения фракций и содержания гумуса говорят о цикличности почвообразования и осадконакопления, которые имеют обратную связь (выше скорость почвообразования = ниже скорость осадконакопления). В середине толщи имеет две погребенные почвы с несогласным стратиграфическим залеганием

(более древняя почва залегает над более молодой), это обусловлено активизацией делювиальных процессов.

Четвертая пачка отложений представлена погребённой темно-серой метаморфической (темно-серой лесной) почвой. Здесь отмечается наибольшая гумусированность (до 6,8%) во всей вскрытой толще. Границы гумусированных горизонтов размыты паводковыми водами. Доминирующие фракции в гранулометрическом составе отложений - крупная пыль и мелкий песок. Увеличение рН в этой толще до 8,4 объясняется аккумуляцией карбонатов. В этой пачке идет логичное стратифицированное залегание почвенных горизонтов, что свидетельствует о стабильном почвообразовательном процессе.

Пятая пачка состоит из стратифицированной эолово-делювиальной толщи, лежащей на лесной почве. Характеризуется более низкой гумусированностью, чем в погребенной лесной почве, повышенным содержанием фракции мелкого песка и крупной пыли в гранулометрическом составе, а также самым низким показателем рН водной суспензии. На стыке эоловых и делювиальных отложений была отобрана проба на радиоуглеродное датирование.

На изучаемой первой надпойменной террасе (СБ-5) мы выделили три литологических пачки отложений (рис. 2).

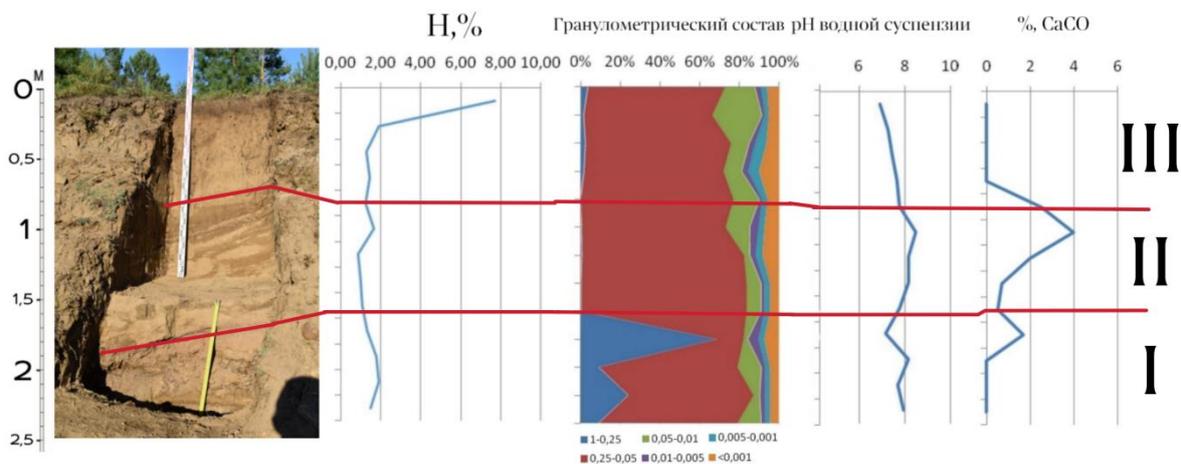


Рис. 3. Физико-химические свойства почв и отложений первой террасы реки Брянки

Первая пачка состоит из чередования слоев руслового аллювия разного гранулометрического состава. Характеризуется повышенным содержанием фракций песка и среднего песка в гранулометрическом составе. Увеличением рН водной суспензии до 8,2%. Верхняя часть слегка окаربоната.

Вторая пачка слоистая, отмечается чередование темных и светлых прослоев мощностью от 8 до 20 см., невыдержанность слоев по мощности и

различие в фракционном составе отложений могут указывать на нестабильную гидродинамическую активность. Отмечается увеличение рН водной суспензии в сторону щелочной среды, что обусловлено наличием карбонатов до 4%.

Третья пачка представляет собой современную каштановую почву, которая имеет наибольшую гумусированность в верхнем горизонте (до 7,8%) с резким уменьшением (до 1%) в горизонте С, рН от нейтрального до слабо щелочного и отсутствие карбонатов. Такие особенности связаны с современными почвообразовательными процессами: слабое гумусообразование и гумусонакопление, выщелачивание карбонатов.

Почвы и отложения первой и второй надпойменных террас реки Брянки представлены: в нижней части вскрытых толщ речным аллювием, в срединной части залегают делювиально-аллювиальные, а верхняя часть имеет эолово-делювиальный и делювиально-эоловый генезис.

Таким образом, почвы и отложения на террасах имеют сложный генезис, во всех случаях в верхней части вскрытых отложений наблюдаются следы аридизации климата, выражающиеся в активизации эоловых процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. - 223 с.
2. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий прибайкалья (проблемы эволюции и классификации почв): монография. Иркутск: Изд-во. Иркут. гос. ун-та, 2010. – 205 с.
3. Голубцов В.А., Рыжов Ю.В., Кобылкин Д.В. Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене. Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. — 139 с.
4. Методы палеогеографических реконструкций. М.: Географический факультет МГУ, 2010. - 430 с.
5. Рыжов Ю.В. Эрозионно-аккумулятивные процессы в бассейнах малых рек юга Восточной Сибири // География и природные ресурсы. 2009. № 3. С. 94-101.

S u m m a r y.

The study of soil formation and sedimentation in the Bryanka river valley (Republic of Buryatia) helps to understand and highlight the duration of sediment accumulation. Soils and sediments on the first and second alluvial terrace of the Bryanka River were chosen as an object of study because alluvial soils are good markers of environmental change. On the studied first terrace above the floodplain we identified three lithological sediment units, on the second terrace the entire strata can be divided into 5 sediment units, which differ from each other in a number of properties. On the basis of the analyses performed, the complex genesis of the uncovered sediments was revealed, and traces of climate aridization, expressed by the intensification of aeolian processes, can be observed.

**РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СУБФОССИЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ
ХИРОНОМИД ИЗ КЕРНА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА
ТЕНЬГИНСКОЕ (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)**

Л.С. Сырых^{1,2}, Л.Б. Назарова¹, Н.А. Рудая², И.М. Греков^{1,2}, С.Е. Карачурина²
¹РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, *liudmilasyrykh@gmail.com*,
ivanmihgrekov@gmail.com, nazarova_larisa@mail.ru

²Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск, *nrudaya@gmail.com*

**RESULTS OF THE CHIRONOMID ANALYSIS OF THE SEDIMENT CORE
FROM THE LAKE TENGINSKOE (THE ALTAI MOUNTAINS)**

L.S. Syrykh^{1,2}, L.B. Nazarova¹, N.A. Rudaya², I.M. Grekov^{1,2}, S.E. Karachurina²
¹*Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg*
²*Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk*

Аннотация.

Внутриконтинентальные регионы представляют значительный интерес для палеоклиматических исследований. Мы проанализировали колонку донных отложений оз. Теньгинского (Онгудайский район, Республика Алтай, Россия), которая охватывает период с начала суббореала до настоящего времени. На основе данных анализа ископаемых головных капсул хирономид получена реконструкция динамики природных обстановок в исследованный период. С 5000 до 3800 калиброванных лет назад (кал.л.н.) преобладают тепловодные таксоны, в исследуемом регионе отмечаются сравнительно теплые климатические условия. Около 1900 кал.л.н. наблюдается смена доминантных таксонов. Реконструированные природно-климатические условия близки к современным.

Ключевые слова: палеолимнология, донные отложения, хирономидный анализ, реконструкция природных условий, Алтай.

Введение. Вопрос природы климатических изменений по-прежнему вызывает споры в научном мире: являются ли наблюдаемые аномалии климата следствием естественных природных процессов, характерных для нашей планеты, или активной антропогенной деятельности. Регион Алтайской горной страны и прилегающие обширные территории центра Евразии по-своему реагируют на колебания климата, поэтому природные архивы, такие как донные отложения озер, становятся ценнейшим материалом в палеогеографических исследованиях этих районов [1–4]. Изучение субфоссильных головных капсул комаров-звонцов (*Chironomidae*, Сем. Diptera) в донных отложениях позволяет получить четкое представление о развитии озерной экосистемы и реконструировать природно-климатические условия прошлого [5,6].

Материалы и методы. Озеро Теньгинское (50,93 с.ш.; 85,57 в.д.; 1185 м н.у.м.) расположено на северо-западе Алтайских гор, в межгорном понижении Теньгинской степи. Озеро небольшое с максимальной глубиной 7,2 м.

Исследованная колонка донных отложений охватывает период с начала суббореала до настоящего времени.

Хирономидный анализ проб выполнен в соответствии со стандартной методикой [7]. Определение проведено по специализированным определителям [7, 8]. Экологическая характеристика отдельных таксонов детализирована согласно Moller-Pilot [9, 10] и Nazarova et al. [11–13].

Результаты исследования. Для количественной реконструкции средней июльской температуры воздуха выполнен анализ 43 проб из разреза донных отложений оз. Теньгинского. Кластерный анализ позволил выделить пять стратиграфически значимых зон.

В горизонтах датируемых 5400 – 5000 кал.л.н. отмечено низкое содержание головных капсул хирономид, что позволяет предположить, что в данный период времени превалировали природные условия неблагоприятные для обитания хирономид.

В зоне I (5000 – 3400 кал.л.н.) доминирует *Chironomus anthracinus*-type, который обитает в умеренно тёплых озёрах, толерантный к закислению. Широко распространены таксоны *Glyptotendipes pallens*-type и *Glyptotendipes severini*-type –минеры погруженной растительности. Преобладающие таксоны тепловодные, что свидетельствует о теплых климатических условиях в данный период.

Зона II (3400 – 1900 кал.л.н.). Доминантный таксон *Chironomus anthracinus*-type. Увеличивается количество фитофильных таксонов родов *Orthocladius* и *Cricotopus*. В данный период отмечается чередование численности субдоминантных таксонов: тепловодных и индикаторов прохладных условий.

Зона III (1900 – 600 кал.л.н.) В данной зоне наблюдается смена доминантных таксонов: *Paratanytarsus* сменяет *Chironomus anthracinus*-type. Увеличивается разнообразие фитофильных таксонов, появляются *Corynoneura arctica*-type, *Cricotopus cylindraceus*-type, *Cricotopus intersectus*-type, что может свидетельствовать о зарастании прибрежной зоны.

Зоны IV (600 – 150 кал.л.н.) и V (150 кал.л.н.) характеризуются практически полным исчезновением *Chironomus anthracinus*-type. Доминируют *Tanytarsus pallidicornis*-type, *Paratanytarsus penicillatus*-type, *Psectrocladius sordidellus*-type. В верхней зоне повышается количество полуназемного *Smittia*

– *Parasmittia*, что может свидетельствовать о нестабильности уровня воды в озере. В данных зонах увеличивается видовое разнообразие хирономид. Реконструированные условия близки к современным.

Выводы. В исследуемой колонке донных отложений отмечается варьирование доминантных таксонов и состава хирономидных сообществ с начала суббореала до настоящего времени. Смена доминирующих таксонов фиксируется в период около 1900 кал.л.н.: *Paratanytarsus* приходит на смену *Chironomus anthracinus*-type. Преобладание тепловодных стенотермных таксонов в период до 3400 кал.л.н. позволяет сделать вывод о сравнительно более теплых климатических условиях, господствовавших в данный период. После 1900 кал.л.н. наблюдается повышение видового разнообразия хирономид и устанавливаются природно-климатические условия близкие к современным.

Благодарности. Исследование проведено при поддержке грата РФФ № 20-17-00110.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rudaya N. Quantitative reconstructions of mid-late Holocene climate and vegetation in the north-eastern Altai Mountains recorded in Lake Teletskoye // Global and Planetary Change. – 2016. – Vol. 141. – P. 12–24. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.04.002>.
2. Rudaya N., Nazarova L., Frolova L. et al. 2021. The link between climate change and biodiversity of lacustrine inhabitants and terrestrial plant communities of the Uvs Nuur Basin (Mongolia) during the last three millennia. The Holocene 31(9): 1443-1458. DOI: 10.1177/09596836211019093
3. Zhilich S, Rudaya N, Krivonogov S et al. Environmental dynamics of the Baraba forest-steppe over the last 8000 years and their impact on the types of economic life of the population. Quaternary Science Reviews 163, 2017: 152–161.
4. База палеогеографических, палеоэкологических и геоархеологических данных PaleoAltai <https://paleoaltai.wixsite.com/mysite/baza-dannyh>
5. Syrykh L.S., Nazarova L.B., Herzs Schuh U., Subetto D.A., Grekov I.M. 2017. Reconstruction of palaeoecological and palaeoclimatic conditions of the Holocene in the south of Taimyr according to the analysis of lake sediments. Contemporary problems of Ecology. №4. 363-369
6. Nazarova L., Grebennikova T.A., Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Belyanina N.I., Arslanov K.A., Kaistrenko V.M., Gorbunov A.O., Kharlamov A.A., Rudaya N., Palagushkina O., Biskaborn B.K., Diekmann B. 2017. Reconstruction of Holocene environmental changes in Southern Kurils (North-Western Pacific) based on palaeolake sediment proxies from Shikotan Island. Global and Planetary Change. 159 : 25–36. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2017.10.005
7. Brooks S.J., Langdon P.G., Heiri O. Using and identifying chironomid larvae in palaeoecology // QRA Technical Guide № 10, Quaternary Research Association, London, 2007. 276 p.
8. Wiederholm T. Chironomidae of the Holarctic Region, Keys and Diagnoses. Part 1—Larvae: Entomologica Scandinavica, Supplement 19. 1983. P. 1–457.
9. Moller Pillot, H. K. M. 2009: Chironomidae Larvae. Biology and Ecology of the Chironomini. 270 pp. KNNV Publishing, Zeist.

10. Moller Pillot, H. K. M. 2013: Chironomidae Larvae of the Netherlands and Adjacent Lowlands. Biology and Ecology of the Aquatic Orthocladinae. 312 pp. KNNV Publishing, Zeist.
11. Nazarova, L.B., Pestryakova, L.A., Ushnitskaya, L.A. & Hubberten, H.-W. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of Central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research // Contemporary problems of ecology. Vol. 1. 2008. P. 335–345.
12. Nazarova, L., Herzschuh, U., Wetterich, S., Kumke, T. & Pestjakova, L. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia // Journal of Paleolimnology. Vol. 45. 2011. P. 57–71.
13. Nazarova, L., Self, A., Brooks, S.J., van Hardenbroek, M., Herzschuh, U., Diekmann, B. 2015: Northern Russian chironomid-based modern summer temperature data set and inference models // Global Planetary Change. 2015. Vol. 134. P. 10–25.

S u m m a r y.

Inland areas are of particular interest for paleoclimatic studies. We analyzed a sediment core from the lake Tenginskoe (Ongudaysky district, Altai Republic, Russia), which covers the period of the Mid and Late Holocene. Based on the results of chironomid analysis we reconstructed the mean July air temperatures for studied area. Preliminary results showed warm climatic conditions between 5000 and 3800 cal yr BP. After 1900 cal yr BP climatic conditions are close to modern.

АККУМУЛЯЦИЯ ЭОЛОВЫХ ЛЁССОВ ПРЕДКАВКАЗЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ

Н.В.Сычев¹, Е.А.Константинов¹, А.Л. Захаров¹

¹*Институт географии РАН, г. Москва, nvsychev25@igras.ru*

ACCUMULATION OF EOLIAN LOESSES IN CISCAUCASIA IN THE HOLOCENE

N.V. Sychev¹, E.A. Konstantinov¹, A.L. Zakharov¹

¹*Institute of geography RAS, Moscow*

Аннотация.

Лёссы Предкавказья – наиболее распространенный и полный архив плейстоцена и голоцена на юге европейской части России. Тем не менее, голоценовая составляющая ЛПС изучена недостаточно точно. В ходе исследований на двух ключевых скважинах выявлена скорость осадконакопления лёсса с помощью серий ОСЛ дат. Пробурено 16 скважин на участках плоского междуречья, где с двух уровней голоценового лёсса и подстилающего плейстоценового лёсса отобрано 32 образца. Пробы проанализированы с помощью валового химического и гранулометрического анализа. Полученные результаты указывают на то, что основной источник эоловой пыли, слагающей лёссы Предкавказья, локализован на востоке - в Прикаспийской низменности. Доминирующее направление потока аэрозолей в позднем плейстоцене и голоцене: восток – запад.

Ключевые слова: лёсс, голоцен, эоловое осадконакопление, гранулометрия, люминесцентное датирование, геохимический анализ

Лёссовые отложения покрывают почти сплошным чехлом пространство от Азовского моря до Прикаспийской низменности [1,2,3,4]. Традиционно лёссово-почвенные серии Предкавказья наиболее полно изучались в разрезах Приазовья, таких как Беглица, Мелекино, Чумбур-Коса, Семибалки, Воронцовка [5,6,7]. Из-за небольших скоростей осадконакопления мощность

голоцена в данных разрезах не превышает метра. Кроме того, процессы почвообразования в качестве материнской породы прорабатывали не только голоценовый лёсс, но и плейстоценовый. Возможность проводить массовое люминесцентное датирование позволило выявить границу между голоценовыми и плейстоценовыми лёссами. Для адекватного изучения голоценового лёсса необходима высокая скорость осадконакопления, поэтому первые подобные работы были проведены на китайском лёссовом плато [8,9,10,11].

В ходе наших исследований поставлены две задачи: определение мощностей и скоростей накопления голоценовых лёссов на двух ключевых участках: Приазовье (разрез Беглица) и Терско-Кумская низменность (разрез Отказное). А также определить пространственную изменчивость литологических индикаторов голоценовых и подстилающих их плейстоценовых лёссов для определения основного направления переноса эоловой пыли в голоцене.

Основным методом полевых работ было ручное бурение с помощью бура Eijkelkamp (Нидерланды) ударным способом, имеющего полуцилиндрические пробоотборники длиной 0,5-1,0 м и диаметр 30-50 мм. Отбор образцов осуществлялся с шагом в 10 см. Поскольку основной целью работы были лёссы, накопленные эоловым путем, важно было правильно выбирать геоморфологическое положение для скважин. Мы выбирали плоские междуречья без следов водной эрозии (автономные, плакорные позиции). При выборе места заложения скважин просматривались спутниковые снимки и цифровые модели рельефа для определения мест междуречья без следов водной эрозии. Таким образом, мы предполагаем корректность сравнения результатов в разнесенных скважинах. Основные методы лабораторных работ – гранулометрический анализ, валовый химический анализ и ОСЛ датирование. Гранулометрический анализ проводился лазерно-дифракционным методом на анализаторе Malvern Mastersizer 3000 с блоком-диспергатором Hydro EV. Вычисление распределения частиц по размерным фракциям выполнялось на основе дифракционной модели Фраунгофера [12]. Определение элементного состава выполнялось в ЦКП «ИГЕМ-АНАЛИТИКА». Образцы предварительно прокачивались в муфельной печи при температуре 1000 °С, где спекались в гомогенную стекловидную массу для получения круглой однородной мишени.

Затем образцы исследовались на спектрометрах Axios mAX Advanced и Epsilon 3 XLE компании PANalytical (Нидерланды). ОСЛ датирование проводилось в лаборатории института прикладной геологии ассоциации Лейбница. Подготовка образцов к измерениям проводилась в лаборатории по методике представленной по ссылке [13]. Аликвоты подвергались предварительному нагреву до температуры 250°C с последующим измерением при инфракрасной стимуляции и температуре 50°C и повторным измерением при 225°C. Для подсчета эквивалентной дозы использовались данные повторного измерения.

В результате ОСЛ датирования разрезов Беглица и Отказное были выявлены мощности голоценовых лёссов и скорости их осадконакопления. Так, в разрезе Беглица голоценовый лёсс имеет мощности 0.9 м а в разрезе Отказное – 1.6 м. Скорости осадконакопления в голоцене были наиболее низкими по сравнению с плейстоценом и составляли 9 см/тыс. лет и 6 см/тыс. лет.

Также, помимо исследования ключевых участков, отобраны пробы с двух уровней: 0 м (современная почва) и 2 м (подстилающий почву лёсс) в 16 точках в автономных геоморфологических позициях (рис.1), равномерно распределенных по региону исследования. Исследован химический состав образцов и содержание в них песка. Оксид алюминия как для уровня 0 м, так и для уровня 2 м изменяется в пределах от 8,6 до 14,7%. Основной тренд увеличения концентрации наблюдается при движении с юго-востока на северо-запад. При этом на уровне 0 м концентрация оксида алюминия превышает концентрацию на уровне 2,0 м (не более, чем на 0,5 %). Схожим образом ведет себя оксид железа, минимальные концентрации наблюдаются на юго-востоке региона в скважине Step (1,85%) на обоих уровнях отбора. Максимальные концентрации установлены на северо-западе региона в скважине V-4 (6,5%). Такая закономерность связана с тем, что концентрация Al и Fe будет увеличиваться при удалении от источника, поскольку данные элементы привязаны к филлосиликатам, которые сорбируются более мелкими частицами лёсса, и, соответственно, способны уноситься дальше. Со схожей закономерностью меняют свою концентрацию оксид титана (на юго-востоке региона концентрация 0,3% на северо-западе - 0,7%). Стоит заметить, что практически во всех изучаемых скважинах результаты колеблются не слишком сильно – в диапазоне 0,6-0,8. И только в скважине Step концентрация оксида титана падает до 0,3%. Вероятно, это связано с малой концентрацией

минералов (рутил и ильменит, титаномагнетит), с которыми ассоциируется оксид титана [14]. Обратную закономерность показывают концентрация оксида натрия и содержание песка. Так, оксид натрия имеет минимальную концентрацию на северо-западе 7,7 % и максимальную на юго-востоке 22,2 %. Стоит отметить, что в целом, концентрации оксида натрия на уровне 2,0 м несколько выше, чем на уровне 0,0 м. Что особенно заметно на скважинах юга региона (Kz и Sb). Так, на уровне 0,0 м концентрация составляет 12,8 и 8,4 %, а на уровне 2,0 м - 17,4 и 10,2 % соответственно. Закономерность изменения связана с ассоциацией Na с морскими солями (мирабилит и галит). Содержание песка имеет наиболее резкую изменчивость, тем не менее, наблюдается основной тренд изменения по уменьшению концентрации с юго-востока, где пиковое значение наблюдается в скважине Ткр (терско-кумские пески). Для лёссовых разрезов наибольший пик концентрации наблюдается в скважине Step (32.16%). Минимальные значения характерны для разреза Ch-k (2.5%). Несмотря на наличие определенного тренда изменения содержания песка, на некоторых скважинах наблюдается «отскоки». Так, у скважин Bg, Kz An на уровне 0.0 м содержание песка превышает 15%, что больше, чем подобное содержание на том же уровне на юго-востоке региона, за исключением скважины Step. Также наблюдается сильное увеличение содержания песка (~10%) на уровне 2.0 м по сравнению с уровнем 0.0 м в юго-восточной части региона.

Полученные результаты указывают на то, что основной источник золы пыли, слагающей лёссы Предкавказья, локализован на востоке - в Прикаспийской низменности. А доминирующее направление потока аэрозолей в позднем плейстоцене и голоцене: восток – запад

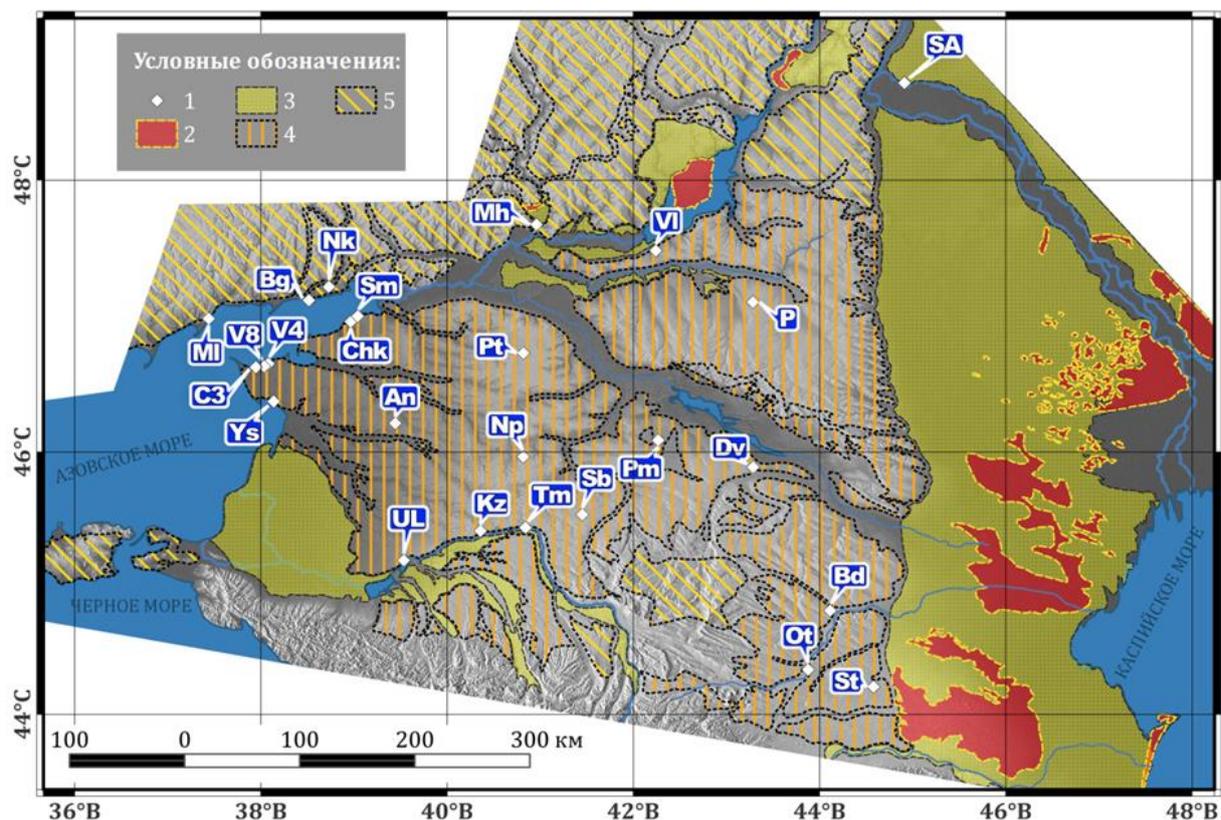


Рис. 1. Карта распространения лёссовых и песчаных пород в Понто-Каспийском регионе. Составлена по (Картам четвертичных образований. Масштаб 1:1000000. Первое издание. Листы L3637, 3738, 3839) Топографическая основа – модель SRTM. Условные обозначения: 1 – разрезы и скважины, фигурирующие в работе (см. таблицу), 2 – незакрепленные эоловые пески, 3 – закрепленные и погребенные верхнечетвертичные пески и супеси, 4 – лёссы сплошного распространения, 5 – лёссы прерывистого распространения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФ № 21-77-10104.

ЛИТЕРАТУРА

1. Haase D., Fink J., Haase G., Ruske R., Pecsli M., Richter H., Altermann M., Jäger K.D. Loess in Europe - its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2,500,000. *Quat. Sci. Rev.* 26 (9-10), 2007. pp. 1301-1312. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.02.003>.
2. Astakhov V., Pestova L., Shkatova V., Loessoids of Russia: Varieties and distribution // *Quaternary International*, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.01.005>.
3. Mazneva E., Konstantinov E., Zakharov A., Sychev N., Tkach N., Kurbanov R., Sedaeva K., Murray A. 2020. Middle and Late Pleistocene loess of the Western Ciscaucasia: Stratigraphy, lithology and composition // *Quaternary International*. V.590. pp. 146-163 <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.11.039>
4. Трофимов В.Т., Балыкова С.Д., Андреева Т.В. и др. Опорные инженерно-геологические разрезы лёссовых пород Северной Евразии. — Москва: КДУ, 2008. — 608 с.
5. Величко А.А., Борисова О.К., Захаров А.Л., Кононов Ю.М., Константинов Е.А., Курбанов Р.Н., Морозова Т.Д., Панин П.Г., Тимирева С.Н. Смена ландшафтных обстановок на юге Русской равнины в позднем плейстоцене по результатам исследования лёссово-

почвенной серии Приазовья // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017а. № 1. С. 74-83.

6. Величко А.А., Катто Н.Р., Тесаков А.С., Титов В.В., Морозова Т.Д., Семенов В.В., Тимирева С.Н. Особенности строения плейстоценовой лёссово-почвенной формации юга Русской равнины по материалам восточного Приазовья // ДАН. 2009. Т. 428. № 6. С. 815–819.
7. Chen J., Yang T., Matishov G.G.. A luminescence dating study of loess deposits from the Beglitsa section in the Sea of Azov, Russia // Quaternary International. 2018a. V. 478. pp. 27–37. DOI: 10.1016/j.quaint.2017.11.017.
8. Küster Y. et al. Holocene loess sedimentation along the Qilian Shan (China): significance for understanding the processes and timing of loess deposition // Quaternary Science Reviews. – 2006. – Т. 25. – №. 1-2. – С. 114-125.
9. Maher B. A. et al. Holocene loess accumulation and soil development at the western edge of the Chinese Loess Plateau: implications for magnetic proxies of palaeorainfall // Quaternary Science Reviews. – 2003. – Т. 22. – №. 5-7. – С. 445-451.
10. Deng C. et al. Paleoclimatic significance of the temperature-dependent susceptibility of Holocene loess along a NW-SE transect in the Chinese loess plateau // Geophysical Research Letters. – 2000. – Т. 27. – №. 22. – С. 3715-3718.
11. Huang C. C. et al. Charcoal records of fire history in the Holocene loess–soil sequences over the southern Loess Plateau of China // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2006. – Т. 239. – №. 1-2. – С. 28-44.
12. Konert M., Vandenberghe J. E. F. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction // Sedimentology. – 1997. – Т. 44. – №. 3. – С. 523-535.
13. Thiel C. et al. Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria)–Testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol // Quaternary International. – 2011. – Т. 234. – №. 1-2. – С. 23-31.
14. Muhs, D.R., Bettis III, E.A., Aleinikoff, J., McGeehin, J.P., Beann, J., Skipp, G., Marshall, B.D., Roberts, H.M., Johnson, W.C., Benton, R. Origin and paleoclimatic significance of late Quaternary loess in Nebraska: evidence from stratigraphy, chronology, sedimentology, and geochemistry// Geol. Soc. Am. Bull. V. 120. 2008. pp. 1378–1407. <https://doi.org/10.1130/B26221.1>

Summary.

The loess of Ciscaucasia is the most widespread and complete paleoarchive of the Pleistocene and Holocene in the south of the European part of Russia. However, the Holocene has not been so thoroughly investigated. In the course of studies on two key sections, the rate of sedimentation of loess was revealed using a series of OSL dates. Also, 16 boreholes were drilled in areas of flat interfluvial. Where samples were taken from two levels of the Holocene loess and the underlying Pleistocene loess. The samples were obtained by total chemical and granulometric analysis. The results obtained indicate that the main source of eolian dust, which composes the loess of Ciscaucasia, is localized in the east - in the Caspian lowland. And the dominant direction of the flow of aerosols in the late Pleistocene and Holocene: east - west

ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ОБСТАНОВОК В НИЗОВЬЯХ Р. ВАРЗУГА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ) ЗА ПОСЛЕДНИЕ 8000 ЛЕТ

С.Н. Тимирева¹, И.С. Зюганова¹, Л.В. Филимонова², Ю.М. Кононов¹,
Ф.А. Романенко³

¹*Институт географии РАН, Москва, Россия, stimireva@mail.ru*

²*Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия, filimonovaluda@mail.ru*

³*Московский государственный университет, Москва, Россия, faromanenko@mail.ru*

ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE LOWER PART OF THE VARZUGA RIVER (KOLA PENINSULA) DURING THE LAST 8000 YR

S.N. Timireva¹, I.S. Zyuganova¹, L.V. Filimonova², Yu. M. Kononov¹,
F.A. Romanenko³

¹*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

²*Karelian Research Centre, Petrozavodsk, Russia*

³*Moscow State University, Moscow, Russia*

Аннотация.

Реконструированы процесс заболачивания и история развития растительности за последние 8000 лет в западной части Терского берега (юг Кольского полуострова), в устье реки Варзуга по данным комплексного изучения торфяника Кузоменский Мох. Установлено, что после дегляциации на территории исследований действовали эоловые процессы, позже сменившиеся заболачиванием. Палеоботанические данные показали, что история растительности западной части Терского берега Белого моря в течение последних 8000 лет включала серию чередующихся фаз распространения березовых, сосново-березовых и сосновых лесов. Долгопериодная динамика растительности, возможно, была обусловлена изменениями климата.

Ключевые слова: Кольский полуостров, голоцен, палеоландшафтные реконструкции, заболачивание, эоловые процессы

Торфяные отложения относятся к группе палеогеографических архивов, содержащих обширную и надежную информацию о состоянии природной среды и климата в прошлом. Многолетние исследования болот Кольского полуострова позволили получить многочисленные ландшафтно-климатические палеореконструкции для голоцена данного региона. Однако, большая часть палеоботанических данных была получена из торфяников, расположенных на северо-западе и в центральной части Кольского п-ова [1, 2]. Торфяники Терского берега остаются сравнительно малоизученными. В настоящей работе представлены результаты комплексного изучения торфяной толщи болота Кузоменский Мох и выполненные на их основе палеореконструкции для среднего и позднего голоцена.

Район исследований расположен на Терском берегу Белого моря, на правобережье р. Варзуга (высотные ометки – 20–26 м над у.м.). Орографическое строение района относительно однородное и представляет собой слабохолмистую на севере и северо-западе и пологоволнистую на

востоке равнину с большим количеством болот и заболоченных участков [3]; повсеместно развиты эоловые формы рельефа с заболоченными участками между ними. Объектом исследований было выбрано болото Кузоменский Мох, расположенное в понижении между дюнами. В ходе полевых работ 2017–2020 гг. было пробурено несколько скважин и сделаны две расчистки. Установлено, что торфяная залежь подстилается песками, а её мощность составляет 2,0–2,5 м. Комплексные исследования отложений включали спорово-пыльцевой и ботанический анализы торфа, измерения потерь при прокаливании (ППП), радиоуглеродное датирование торфа и морфоскопию песчаных кварцевых зерен.

Анализ морфоскопии песчаных зерен размером 0,5–1,0 мм из отложений, подстилающих торф, выполненный по методике ИГ РАН [4], позволил установить ледниковое и водно-ледниковое происхождения зерен, которые впоследствии были вовлечены в воздушный перенос, в результате чего на их поверхности образовались эоловые текстуры. Таким образом, этапу заболачивания здесь предшествовали эоловые процессы, начавшиеся после дегляциации территории.

Возникновение болот в локальных понижениях между дюнами может указывать на уменьшение интенсивности эоловых процессов в районе исследований. Согласно датировкам, полученным из образцов в основании торфяной залежи в двух скважинах (8270 ± 90 кал. л.н. и 7865 ± 45 кал. л.н.), формирование торфа в болоте Кузоменский Мох началось в Атлантическом периоде голоцена около 8000 л.н.

Смена песчаных отложений торфом отражается в резком возрастании значений ППП 550° до 99%. На начальных этапах формирования залежи (7800–7500 кал. л.н.) в составе болотных растительных сообществ преобладали пушица (*Eriophorum vaginatum*) и осоки, заметную роль играли берёза и ива. Высокое обилие пыльцы *Onagraceae* в основании торфяной толщи (рис. 1) может свидетельствовать об активных процессах заболачивания этой котловины после пожара. Карпологические остатки в нижней части торфа представлены орешками осок (*Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *C. cespitosa*) и семенами подбела (*Andromeda polyfolia*). Начиная с 7500 кал. л.н. основными торфообразователями становятся *Eriophorum vaginatum* и *Sphagnum fuscum*. В интервале 7500–4500 кал. л.н. выделяется последовательность фаз с обилием

Sphagnum fuscum наряду с возрастающей ролью остатков *Ericales* и фаз с более высоким обилием *Eriophorum vaginatum* наряду с растущим содержанием остатков *Polytrichum*. Наличие мелких зерен песка в торфе на глубине 135 см (около 6900 кал. л.н.) и резкое снижение ППП до 48% на глубине 100 – 105 см (5900–6000 кал. л.н.) могут указывать на нарушения растительного покрова и влияние эолового переноса песка на экосистему болота.

К периоду 4600–2700 кал. л.н. относится торф с высоким содержанием фрагментов древесины сосны и берёзы, что свидетельствует об облесении торфяника и, возможно, меньшей поверхностной влажности на болоте и сравнительно более сухих условиях [5]. Примесь мелкого песка в торфе и снижение содержания органического вещества до 86–90% на глубине 40–45 см могут указывать на активизацию эоловых процессов на прилегающей к болоту территории 3900–3300 кал. л.н.

Около 2700 кал. л.н. болото Кузоменский Мох становится торфяником олиготрофного типа с преобладанием *Sphagnum fuscum* в моховом покрове и *Eriophorum vaginatum* в травянистых сообществах. Обильны были и кустарнички *Andromeda polyfolia*, *Chamaedaphne calyculata* и *Empetrum* sp., чьи семена регулярно отмечались в образцах торфа. Смена переходного типа торфяника на верховой определяется, в первую очередь, самим процессом развития болота и скоростью торфонакопления. Однако на это могли повлиять и климатические изменения, главным образом, похолодание и увеличение увлажнения климата в арктических районах с 2700 – 2500 кал. л.н. [6, 7].

Данные спорово-пыльцевого анализа показали, что история растительности района исследований, реконструированная для последних 8000 лет, включала серию чередовавшихся фаз распространения березовых, сосново-березовых и сосновых лесов (рис. 1). Долгопериодная динамика растительности, вероятно, была обусловлена изменениями климата.

Широколиственные деревья, скорее всего, не произрастали на исследуемой территории. Пыльца вяза, дуба и липы спорадически присутствует в палиноспектрах в незначительных количествах (рис. 1) и, очевидно, переносилась ветром из более южных регионов. Тем не менее, можно предположить, что северные границы ареалов этих пород приближались к изучаемой территории в климатическом оптимуме голоцена. Начиная с 5000 кал. л.н. пыльца широколиственных практически исчезла из палиноспектров

(рис. 1), что свидетельствует об отступлении северной границы их ареалов в результате похолодания климата [1, 6, 7].

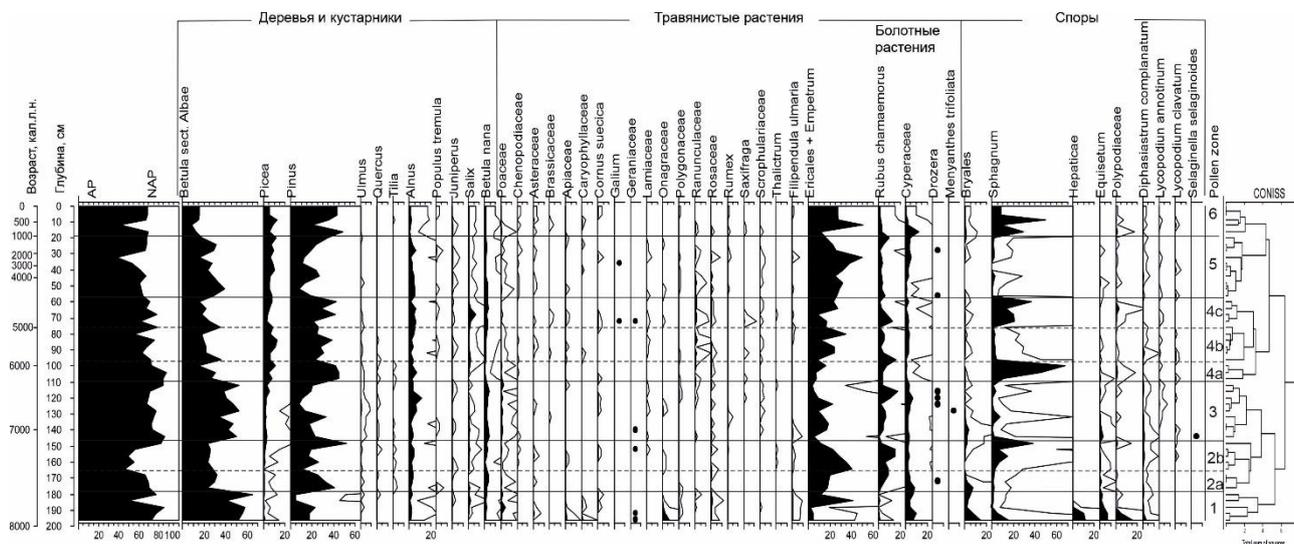


Рис. 1. Пыльцевая диаграмма торфяника Кузоменский Мох (скв. Kuz-1).

Пыльца древесных пород и наиболее представительных травянистых растений. (AP + NAP = 100% Дополнительные кривые показывают содержание базового таксона, увеличенное в 10 раз).

Более теплый и влажный климат климатического оптимума голоцена [6, 7] способствовал расселению ели (*Picea obovata*) в районе исследований. Увеличение содержания пыльцы *Picea* (более, чем 3% в спектрах) после 7000 кал. л.н. и её последующее постоянное присутствие в образцах можно считать признаком произрастания ели в лесном покрове. Согласно опубликованным пыльцевым данным, ель появилась на Терском берегу Белого моря около 7200 кал. л.н. [8]. На юго-востоке Кольского полуострова это произошло 7000 кал. лет. л.н. [9], в районе Ловозера – 5300–5500 кал. л.н. [5]. Антропогенные изменения растительности наиболее ярко отражены в палиноспектрах последних 200–300 лет, в которых отмечено уменьшение содержания пыльцы ели наряду с увеличением доли пыльцы сосны (рис. 1). Это может свидетельствовать о нарушениях лесного покрова в результате хозяйственной деятельности человека

Исследования выполнены при поддержке проекта РФФИ № 20-05-00082 А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. Позднеледниковье и голоцен восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск, 2000. 242 с.
2. Matishov G.G., Sharapova A.Yu., Tarasov G.A., Snyder J.A., MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Khasankaev V.B. Postglacial Vegetation and Climate in the Central Kola Peninsula // *Doklady Earth Sciences*. 2005. Vol. 402. No. 4. P. 646-648
3. Атлас Мурманской области. М: Картографическая фабрика, 1971. № 2. 33 с.
4. Velichko A., Timireva S. Morphoscopy and morphometry of quartz grains from loess and buried soil layers // *GeoJournal*. 1995. No 36. P. 143–149.
5. Елина Г.А., Арсланов Х.А., Климанов В.А., Усова Л.И. Растительность и климатохронология голоцена Ловозерской равнины Кольского полуострова (по спорово-пыльцевым диаграммам бугристо-топяного болота) // *Ботан. журн.* 1995. Т. 80. № 3. С. 1–16.
6. Климанов В.А., Елина Г.А. Изменение климата на северо-западе Русской равнины в голоцене // *ДАН СССР*. 1984. Т. 274. № 5. С. 1164–1167.
7. Новенко Е. Ю. Динамика ландшафтов и климата в центральной и восточной Европе в голоцене – прогнозные оценки изменения природной среды // *Геоморфология*. 2021. Т. 52. № 3. С. 24–47.
8. Елина Г.А., Филимонова Л.В., Грабовик С.И., Костина В.И. Болота Кольского полуострова // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Тр. Карельского НЦ РАН. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 94–111.
9. Кременецкий К. В., Патык-Кара Н. Г., Горячкин С. В. Палиностратиграфия и геохронология голоценовых озерно-болотных отложений Кольского полуострова в голоцене // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 1998. Т. 6. № 3. С. 87–96.

Summary.

This paper presents the first reconstruction of the paludification process and vegetation history during the last 8000 cal years BP in the western part of the Tersky Coast (south Kola Peninsula), in the River Varzuga mouth, based on multi-proxy studies of the Kuzomen Mokh peatland. The obtained data revealed that the paludification stage was preceded by aeolian processes occurred in the study area during the Late Glacial and Early Holocene. According to pollen data vegetation history in the Tersky coast of the White Sea during the last 8000 cal yr. BP included a series of successive phases of birch, birch-pine and pine forests caused probably by climatic changes.

ВЕРХОВЫЕ БОЛОТА ВАЛДАЯ КАК ИСТОЧНИК ДЛЯ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ

А.А. Тишков, Е.А. Белоновская, Е.А. Константинов, А.В. Самусь
Институт географии РАН, у. Москва, tishkov@igras.ru

THE RAISED BOGS OF VALDAI UPLAND AS A SOURCE OF PALEOCLIMATIC RECONSTRUCTIONS

A.A. Tishkov, E.A. Belonovskaya, E.A. Konstantinov, A.V. Samus
Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, u. Moscow, tishkov@igras.ru

Аннотация.

Разрез заложен на модельном болоте Ольгино как один из опорных для созданного в 1990 г. национального парка Валдайский (Новгородская обл.). Проведено радиоуглеродное датирование образцов, реконструкция развития растительности и климата за период позднего послеледниковья и голоцена, выделены тренды температуры и количества осадков,

сделан вывод о более раннем формировании здесь лесной растительности (подтверждена гипотеза Л.Р. Серебрянного о ее рефугиуме на Валдайской возвышенности) - раньше 14 200 ± 430 к. лет. На основе анализа спорово-пыльцевой диаграммы прослежена связь торфонакопления с изменениями уровня Валдайских озер, определен старт аграрного освоения лесов Валдая.

Ключевые слова: верховое болото, Валдайская возвышенность, голоцен, спорово-пыльцевая диаграмма, палеоклиматические реконструкции, старт аграрного освоение.

Верховые болота Валдая несут в себе огромный объем палеогеографической информации за счет индикации в их торфяной толще состояния элементов природного комплекса в голоцене: положения в рельефе, формы котловины, структуры и динамики растительности, водного режима и дренажа, торфности, строения самой торфяной толщи и др. В начале 2000-х годов в рамках исследований Института географии РАН и Российско-голландского гранта NWO-РФФИ проводились изучение верховых болот и бурение с детальным отбором проб торфа для спорово-пыльцевого анализа. За редким исключением (Климанов и др., 2010; Tishkov, et al., 2021) систематизированные данные и материалы реконструкции климата Валдая до сих пор не опубликованы. Предваряя публикацию развернутой статьи в журнале «Доклады Академии Наук. Науки о Земле» подготовлен настоящий доклад.

Материалы и методы. Модельное верховое облесенное сосной болото Ольгино расположено в верхнем течении р. Валдайки в 1,2 км от оз. Ужин на территории национального парка Валдайский. Оно имеет вытянутую форму размером 450 x 180 м и располагается вдоль озовой гряды и перелома склона в каньон р. Валдайка, возвышаясь над ее уровнем на 22 м (абс. высота 219 м). Болото рассматривается как важный туристический объект парка (история оледенения) на экологической тропе «Бобровая» с координатами GPS: 57°99' с.ш., 33°37' в.д.

Современная растительность болота представлен комплексом – (1) сосново-кустарничково-сфагновых сообществ кочек и выпуклых участков с *Pinus sylvestris*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*, *Drosera rotundifolia*, *Empetrum nigrum*, *Sphagnum. magellanicum*, *S. fallax*, *Polytrichum strictum*, (2) пушицево-сфагновых понижений с *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*, *Sph. angustifolium*, и (3) кустарничково-моховой каймы с *Vaccinium myrtillus*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune* на

кочках и *Carex globularis*, *Calamagrostis neglecta*, *Sph. girgensonii* в обводненных понижениях.

По результатам георадиолокационного зондирования с использованием георадара «Око-2» с антенным блоком АБ-150 определено положение модельного болота в рельефе, построены профили его торфяной толщи и определена точка для опорного разреза - 7,5 м. Всего выполнено 4 георадиолокационных разреза с GPS - привязкой координат. В волновом поле радара четко идентифицируется дно.

Бурение осуществлялось торфяным буром с закрывающимся пробоотборочным челноком длиной 50 см. Образцы торфа отбирались послойно каждые 5 см. Выполнено радиоуглеродное датирование. Калибровка радиоуглеродных дат и построение модели «возраст – глубина разреза» проведены по программе CLAM. Построение спорово-пыльцевых диаграмм - по *TILIA-Graph*.

Торфяная залежь исследованного болота, судя по нижней датировке $14\ 200 \pm 430$ к. лет, охватывает возраст от позднеледниковья до современности. В докладе сопряженные изменения растительности и климата рассматриваются по периодам позднеледниковья и голоцена, придерживаясь модифицированной Н.А. Хотинским (1977) схемы Блитта-Сернандера. Для реконструкции использовались информационно-статистический и статистические методы (Климанов и др., 1995; 2010). Индикаторы старта аграрного освоения лесов в спорово-пыльцевой диаграмме были обозначены в (Tishkov, et al., 2021).

Реконструкция выявляемых растительных палеосообществ осуществлялась на основе сравнительного анализа и метода аналогий, где в качестве основы использовались данные о рецентной флоре региона, его растительном покрове и сукцессионной динамике зональных лесов, характерное время стадий которой сопоставимо и, в некоторых случаях, даже превосходит внутриголоценовые и вековые климатические циклы по продолжительности.

Пыльцевые зоны и климатогенные фазы развития растительности в голоцене выделялись в соответствии с (Климанов и др., 1995, 2010), принимая во внимание факт, что с началом хозяйственного освоения Валдая на динамику местных лесов большое воздействие оказывали антропогенные дигрессивно-демутационные процессы и продолжительность вторичных сукцессий и их

стадий.

Результаты и их обсуждение. По результатам анализа получена спорово-пыльцевая диаграмма, в которой прослеживается развитие растительности, как самого модельного верхового болота, так и прилегающих к нему конечно-моренных ландшафтов. Ранее в радиоуглеродной лаборатории Геологического института РАН Л.Д. Сулержицким был определен возраст образцов торфа, отобранных в разных пыльцевых зонах разреза (табл. 1), а Е.А. Константиновым проведена их калибровка.

Таблица 1. Радиоуглеродные даты образцов торфа болота Ольгино и характеризуемые ими пыльцевые зоны, нацпарк Валдайский (Новгородская обл.)

№	Лабораторный номер	Глубина (см)	Радиоуглеродный возраст, лет назад	Калиброванный возраст, лет назад (среднее ± 1 сигма)	Пыльцевая зона (по Хотинский и др., 1991)
1	GIN-9007	60-70	190 \pm 60	170 \pm 100	SA3
2	GIN-9008	160-170	1950 \pm 100	1880 \pm 130	SA1
3	GIN-9009	230-240	3060 \pm 100	3240 \pm 130	SB3
4	GIN-9010	280-290	3580 \pm 100	3880 \pm 140	SB2
5	GIN-9011	340-350	4350 \pm 80	4980 \pm 140	SB1
6	GIN-9012	430-440	6590 \pm 90	7480 \pm 80	AT1
7	GIN-9013	520-530	8410 \pm 60	9420 \pm 80	BO3
8	GIN-9014	570-580	8600 \pm 70	9600 \pm 80	BO2
9	GIN-9016	616-622	9690 \pm 150	11030 \pm 230	PB2
10	GIN-9017	630-640	10 210 \pm 180	11930 \pm 350	DR-3
12	GIN-9018	640-648	12 100 \pm 270	14200 \pm 430	Бёллинг-аллерёд

Колонка. Торфяная колонка включает: (1) 10- 0 см - очес живых мхов; (2) 0-100 см - оливково-бурый верховой торф, преимущественно из сфагнома и пушицы; (3) 100 – 250 см - коричневый верховой торф, влажный, состоит из сильно разложившихся остатков *Sph. magellanicum* (глубина 170 – 200 см в полевых условиях определилась как рубеж между верховым торфом и переходным); (4) 250 – 300 см - коричневатого-черный древесный торф и разложившийся сфагновый торф с примесью глинистого минерального материала; (5) 300 – 450 см. - коричневый торф, влажный, сильно разложившийся, мажущийся (глубины 350-450 см в полевых условиях определялся как рубеж между переходным и низинным торфом); (6) 450 – 600 см - сильно разложившийся осоково-сфагновый торф с *Sphagnum teres*; (7) 600 – 700 см. - органо-минеральный сапропель, смесь коричневатого-черного торфа и иловатого серого минерального материала с примесью песка.

Скорости осадконакопления. Скорость осадконакопления была самой минимальной в *позднеледниковье* - 0.075 мм/год. Такие скорости характерны для

холодных олиготрофных озер. Исследованное болото располагалось на террасе Привалдайского ледникового озера (выше современного уровня Валдайских озер на 10-15 м), часть вод которого переливалась по восточному склону водораздела.

В *пребореале* скорость осадконакопления составила 0.15 мм/год, а в *бореале* - 1.15 мм/год, что говорит о коренных изменениях условий торфонакопления. Согласно (Валдайские озера..., 2021) падение уровня озера в бореальный период и в первую фазу атлантического периода было на 10 м по сравнению с современным, а в субатлантический – еще на 4 м.

В *атлантический* период и в дальнейшем сохранялись относительно высокие темпы торфонакопления - 0.71 мм/год, в суббореальный - 0.75 мм/год, в начале субатлантического периода - 0.72 мм/год, в его середине - около 0.56 мм/год. За последние 200 лет (исходя из датировки 170 ± 100 л.н.) скорость торфонакопления была максимальной и составляла около 4.25 мм/год.

Реконструкция климата и изменений растительности Валдая в позднеледниковье и голоцене. Типовой (опорный) характер разреза определяется его репрезентативным отражением эволюции природного комплекса центра Валдайской возвышенности за последние 14 000 лет. Реконструкции голоцена Валдая (Климанов и др., 2010; Новенко, 2016 и др.) подтверждают это.

Актуальные климатические параметры района исследований (Валдай) следующие (Валдайские озера..., 2021): средние температуры июля – $16,6^{\circ}\text{C}$, января – 10°C , года – $3,6^{\circ}\text{C}$, среднемноголетнее количество осадков – 701 мм.

В *среднем дриасе*, отмечалось похолодание (июль холоднее на $3-4^{\circ}\text{C}$, январь - на 6°C , год - на 4.5°C) и более сухая обстановка (осадков меньше на 125 - 150 мм). В районе преобладали редкостойные травяные березняки (*Betula pubescens*), сосняки (*Pinus sylvestris*), и, по-видимому, полынно-злаковые комплексы на первичных субстратах. Наличие пыльцы ели (*Picea abies* и, возможно, *P. obovata*) в образцах, подтверждает гипотезу Л.Р. Серебрянного (1974), что Валдай являлся рефугиумом лесной растительности.

В *аллереде* начинается потепление при сохранении относительной сухости. Идет активное зарастание первичных субстратов, пионерные травянистые стадии сменяются березняками и сосняками с участием ели. На сфагновом болоте сохраняется реликтовый перигляциальный комплекс с карликовой березкой.

В *позднем дриасе* средние температуры июля ниже современных на 4°C , января - на $8 - 10^{\circ}\text{C}$, а года - на $6 - 8^{\circ}\text{C}$; осадков выпадало в год меньше на 175 – 200 мм, что соответствует условиям континентальной северной тайги.

В *пребореальном периоде* голоцена Валдая фиксируется потепление, начало которого - около 11 000 кал. л.н. Средние температуры июля и января ниже современных всего на 2°C , января - примерно на 2°C , года - на 2°C , годовых осадков

выпадало меньше на 100 – 125 мм. Потепление прослеживается по всей территории Северной Евразии (Хотинский, 1977). В дальнейшем происходило похолодание, но, судя по составу спорово-пыльцевых спектров, оно было коротким и не сказалось на составе палеосообществ.

Для *бореального периода* реконструировано два относительно теплых периода (9 400 и 9 200 кал. л.н.). В первое потепление средние температуры и годовые осадки были близки современным. На доминирующие позиции выходят сосняки-зеленомошные и мохово-кустарничковые. В период второго потепления средние температуры июля, января и года были выше современных на 1⁰ С, а осадки выше на 25 – 50 мм. Заметно стало участие хвойно-широколиственных и широколиственных лесов и в целом всего неморального комплекса флоры.

В *атлантическом периоде* на протяжении 3-х тысячелетий выявляется несколько отрезков времени с трендом потепления климата, когда в регионе господствовали преимущественно елово-широколиственные леса и заметно было участие дубрав (*Quercus robur*) всего неморального комплекса (*Tilia cordata*, *Ulmus spp.*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsor*, *Corylus avellana* и др.). Смены вековых циклов на похолодание вызывали перестройки в ландшафтном распределении типов леса – ельники с участием широколиственных пород при похолодании сокращали свои площади и уступали место соснякам. В период похолодания около 7 200 кал. л.н. все температурные показатели были близки к современным, а осадков выпадало больше на 25 – 50 мм. Во время максимального потепления оптимума голоцена около 5 500 л.н. температуры июля, января и года были выше современных примерно на 1.5⁰ С, осадков выпадало в год больше на 25 мм.

В период около 4 200 – 4 300 кал. л.н. на границе *атлантического* и *суббореального* периодов на Валдае господствовали ельники зеленомошные. Все температурные показатели были ниже современных примерно на 1.0⁰С, годовых осадков было меньше на 25 мм. В *суббореальный период* отмечается сокращение «характерного времени» циклов потеплений/похолоданий – за короткий период прослеживается до пяти потеплений, когда господствовали елово-широколиственные леса, а температурные сдвиги составляли +1.5⁰ С по сравнению с современным. В периоды похолоданий средние температуры были близки современным. Климатические циклы были короче сукцессионных.

На границе *суббореального* и *субатлантического* периодов (около 2 500 л.н.) было зафиксировано похолодание, в течение которого температурные показатели были ниже современных примерно на 0.5⁰ С, годовые осадки были близки к современным. Оно сменилось крупным потеплением (т.н. «Римским оптимумом») с ростом, судя по спорово-пыльцевым комплексам, всех средних температур на 1-2⁰ С по сравнению с современными и стартом хозяйственного освоения региона. На

диаграмме это маркируется: (1) резким сокращением доли пыльцы ели и широколиственных пород, (2) ростом доли пыльцы «вторичных» пород - сосны и березы, (3) «вторым пиком» за голоцен пыльцы трав, и (4) пиком спор зеленых мхов, в основном – пиропитов, (5) появлением пыльцы сорняков и индикаторов пасквальной дигрессии др. (Tishkov, et al., 2021). На протяжении *субатлантического периода* выявляется еще несколько периодов потеплений, когда на берегах Валдайского озера в разных пропорциях, соответствующих занимаемым площадям богатых и относительно бедных, но доступных для распашки почв, были представлены елово-широколиственные и сосновые зеленомошные леса, имеющие т.н. «плужный след».

По результатам нашего анализа выделяется и *Малый климатический оптимум средневековья* (около 1000 л.н.). В это время все температурные показатели были выше современных примерно на 1.0° С, а годовых осадков выпадало больше на 25 мм. Выделяется и *малый ледниковый период*, на протяжении которого можно обнаружить четыре тренда «тепло/холод». Максимальное похолодание фиксируется выше датировки 190 ± 60 л.н. Его можно отнести к известному похолоданию XIX в. В это время средние температуры июля и года были ниже современных примерно на 1.0° С, января - на 1.5° С, годовых осадков выпадало меньше примерно на 25 мм. Последнее потепление, по-видимому, можно отнести к потеплению XX в. (1920-1940-е годы). В целом, на протяжении малого ледникового периода похолодание сопровождалось уменьшением осадков, потепление - их увеличением. Уровень осадков был близок к современным значениям, что фиксируется наблюдениями Валдайского филиала ГГИ с 1930-х годов. Все динамические перестройки растительного покрова Валдая в последние два тысячелетия определялись преимущественно хозяйственной деятельностью.

Доклад сделан по теме Госзадания Института географии РАН FMGE-2019-0007

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоновская Е.А., Кренке-мл. А.Н., Тишков А.А., Царевская Н.Г. Природная и антропогенная фрагментация растительного покрова Валдайского поозерья // Изв. РАН. Сер. геогр., № 5, 2014. С. 67-82.
2. Валдайские озёра (Обзор результатов наблюдений за 1946-2018 гг.) / Под ред. И.В. Недогарко. Санкт-Петербург: РИАН, 2021. 242 с.
3. Климанов В.А., Хотинский Н.А., Благовещенская Н.В. Колебания климата за исторический период в центре Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 1995. №1. С. 89-96.
4. Климанов В.А., Кожаринов А.В., Тишков А.А. Палеогеоэкологические реконструкции динамики растительности и климата Валдайского поозерья в позднеледниковье в голоцене. – Тр. нац. парка «Валдайский». Вып. 1. СПб. 2010. С. 254-261.
5. Новенко Е. Ю. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 227 с.

6. Серебрянный Л.Р. Миграция ели на востоке и севере Евразии в поздне- и послеледниковое время // Бюлл. КИЧП. 1974. №41. С.13 - 23.
7. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
8. Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Novenko E.Yu., Belonovskaya E.A. Diagnostics of the Beginning of Agricultural Development of the Northwest of the East European Plain by Spore-Pollen Spectra // Doklady Earth Sciences, 2021. Vol. 499, № 2. P. 686-692.

S u m m a r y.

The section was laid on the Olgino model swamp, as one of the pillars for the Valdai National Park, created in 1990, designed to preserve the Old Russian forest-field-meadow landscape of the North-West of Russia. Radiocarbon dating of samples, detailed reconstruction of vegetation and climate development in the region during the Late Postglacial and Holocene periods were carried out, temperature and precipitation trends were identified. The conclusion is made about the earlier start of the formation of forest vegetation here (the hypothesis of L.R. Serebryanny about its refugium on the Valdai upland is confirmed) - earlier than $14,200 \pm 430$ k. years). Based on the analysis of the spore-pollen diagram, the relationship of peat accumulation with changes in the level of the Valdai lakes was traced and the start of agricultural development of the Valdai was determined.

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ПОЧВ, ЗАФИКСИРОВАННЫХ В ДЕРЕВОЗЕМЛЯНОМ УКРЕПЛЕНИИ В ОСНОВАНИИ МЕНШИКОВА БАСТИОНА ПЕТРОПАВЛОВСКОЙ КРЕПОСТИ

М.Е. Федорова^{1,2}, А.В. Русаков²

¹ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им.В.В. Докучаева», г. Москва, mas2792@yandex.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE SOILS FIXED IN THE EARTHEN FORTIFICATION AT THE BASE OF THE MENSHIKOV BASTION OF THE PETER AND PAUL FORTRESS

М.Е. Fedorova^{1,2}, A.V. Rusakov²

¹ Federal Research Centre "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow, Russia

² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

Аннотация.

В работе охарактеризован участок первой земляной Петропавловской крепости, представляющий собой вал, сложенный пластами из верхних горизонтов почвы. Приведены данные о морфологическом строении, плотности, кислотности, содержании органического вещества и биологической активности почв земляных блоков. Предполагается, что изученные фрагменты почв дают представление о компонентном составе почвенного покрова островов устья реки Невы.

Ключевые слова: земляные блоки, древо-земляное укрепление, почвы археологических памятников

В 2017 году во время реставрационных работ на территории Меншикова бастиона Петропавловской крепости были обнаружены фрагменты древоземляного укрепления, построенного в 1703 году. Нами была изучена верхняя часть земляного вала, состоящая из блоков поверхностных и

приповерхностных горизонтов почвы, уложенных внахлест. В основании вала залегал минеральный материал, представленный, по-видимому, литориновыми отложениями. Мощность изученной толщи вала составила 1,4 м, толщина отдельных земляных кирпичей достигала 10-15 см (рис. 1). По всей видимости, это участок наружного ската укрепления, который, по литературным данным, был отделан пластами дерна, уложенными травянистым покровом вниз и скреплявшимися между собой деревянными кольями [1].

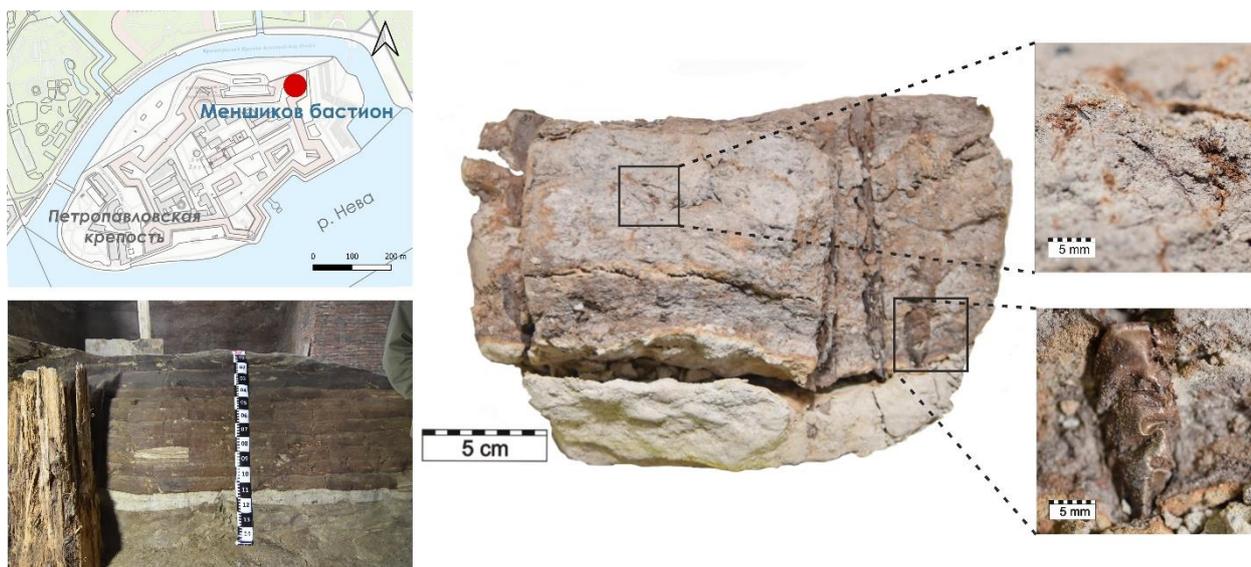


Рис. 1 Строение изученного земляного вала: общий вид и фрагмент земляного блока.

Изучение земляных блоков представляет интерес не только с точки зрения их механических свойств и технологии строительства. Фрагменты почвенных тел, зафиксированные в археологических памятниках *ex situ*, способны сохранять специфические свойства, отражающие среду своего формирования. Предполагая, что для строительства древоземляной крепости использовались почвы с прилегающих территорий, можно утверждать, что земляные блоки представляют собой выборку, характеризующую компонентный состав почвенного покрова островов нижнего течения Невы.

Земляные кирпичи состояли преимущественно из иловато-перегнойного и перегнойно-торфяного материала. Окраска блоков во влажном состоянии варьировалась от коричневато-бурой до темно-серой, почти черной (от 3/2 5YR до 2.5/1 7,5YR по шкале Манселла). Почвенная масса имела плотное массивное либо плотное слоистое сложение, наиболее уплотненным являлся приповерхностный слой (рис. 2). При высыхании материал блоков заметно

уменьшился в объеме с образованием глыбистых, сланцеватых отдельностей. Горизонтально развитая структура связана с наличием песчаных прослоек с примесью мелкого гравия и грубых растительных остатков, часто ожежененных. Хорошо сохранились деревянные гвозди, скреплявшие земляные кирпичи. В ряде образцов из верхней части вала была заметна первоначальная творожисто-комковатая агрегация тонкодисперсной массы и следы проработки материала почвенной фауной. Встречались включения угольков. В толще земляных блоков наблюдались включения светлого песчаного материала, вероятно, привнесенного во время укладки пластов. На контакте часто встречались выделения окисного железа.

Почвенные образцы характеризовались сильноокислой реакцией: рН солевой вытяжки (1 М КСl) варьировался между 3,5–4,5 (рис. 2). Содержание органических веществ в образцах после трёхсотлетнего погребения оставалось высоким, чему по всей видимости, способствовали анаэробные условия и высокая влажность после погребения [2]. Убыль массы при прокаливании в отдельных горизонтах достигала 20–30 %. На примере блоков с наибольшей мощностью (слой 2, 3) прослеживается профильное распределение органического вещества.

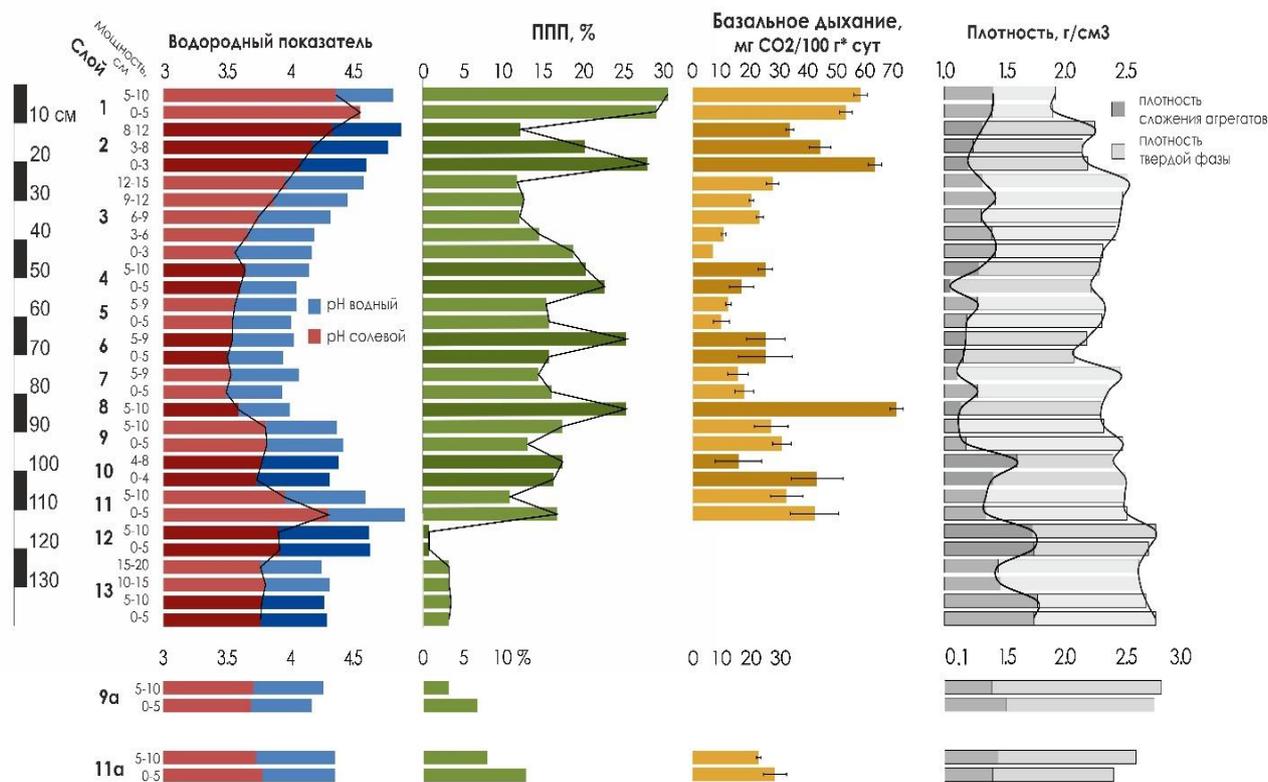


Рис. 2 Характеристики земляных кирпичей: рН, потери при прокаливании, потенциальная биологическая активность, плотность.

Интенсивность базального (микробного) дыхания определялась в лабораторных условиях после прединкубации воздушно-сухих образцов по методу Галстяна [3]. Полученные результаты (рис. 2) характеризуют биологическую активность почв как очень слабую (менее 50 мг CO₂/100 г/сут) и слабую (50-73 мг CO₂/100 г/сут) [4]. Максимальная интенсивность выделения CO₂ закономерно наблюдалась в образцах с самым высоким содержанием органического вещества. Снижение активности в слоях 3-7, возможно, обусловлено низкими значениями водородного показателя.

Описанные особенности почв земляных блоков согласуются с условиями почвообразования на низких, подверженным затоплениям, аккумулятивных террасах в устьевой части р. Нева, что подтверждает гипотезу о том, что для строительства древоземляного укрепления использовался материал с близлежащих территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов С.Д. Санкт-Петербургская (Петропавловская) крепость. История проектирования и строительства. СПб., 2000. 238 с.
2. Huisman, D. Johannes. Deep Impact: What Happens When Archaeological Sites are Built on? // Conservation and Management of Archaeological Sites. 2012 V.14 P. 60–71.
3. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
4. Гапонюк Э.И., Малахов С.В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: тр. 4-го Всесоюз. совещ. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 3 – 10

S u m m a r y.

The paper characterizes part of the first earthen Peter and Paul fortress, which is a rampart composed of layers of the upper soil horizons. Data on the morphological structure, density, acidity, organic matter content and biological activity of soils of earth blocks are presented. It is assumed that the studied soil fragments describe the soil cover composition of the islands at the mouth of the Neva River.

ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКО-ФИНЛЯНДСКОМ ПАРКЕ «ДРУЖБА» И НА БЛИЗЛЕЖАЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ В ГОЛОЦЕНЕ

Л.В. Филимонова

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, filimonovaluda@mail.ru

THE HISTORY OF VEGETATION IN THE RUSSIAN-FINNISH FRIENDSHIP NATURE RESERVE AND ITS SURROUNDINGS IN THE HOLOCENE

L.V. Filimonova

Institute of Biology Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk

Аннотация.

С использованием стратиграфического, радиоуглеродного и палеоботанических методов выполнена детальная реконструкция истории становления современных северотаежных сосновых лесов на территории российско-финляндского парка «Дружба». Получена климато-хронологическая схема динамики сухоходольной растительности с пребореала до настоящего времени. Установлено, что дегляциация северо-запада Карелии и появление здесь ели имели место несколько раньше, чем считалось. Смены растительных сообществ на первых этапах формирования растительного покрова происходили значительно быстрее, чем в среднетаежной ее подзоне. Выявлены региональные и локальные особенности развития сухоходольной и водно-болотной растительности в районе исследований.

Ключевые слова: палеоботаника, палеогеография, радиоуглеродное датирование, реконструкции палеорастительности, торфонакопление

Получены палеогеографические данные для территории российско-финляндского парка «Дружба», который представляет собой эталон хорошо сохранившихся коренных северотаежных сосновых лесов и входит в состав Зеленого пояса Фенноскандии. С целью реконструкции истории их становления в послеледниковое время выполнены стратиграфические, радиоуглеродные и палеоботанические (определение пыльцы, спор, макроостатков растений, водорослей *Pediastrum*) исследования четырех разрезов озерно-болотных отложений. Два из них получены на болоте Межсельговое (64.578611° N, 30.369444° E) из Костомукшского заповедника, два – на болотах Isosuo (64.566667° N, 29.85° E) и Härkösuo (64.2° N, 30.433333° E) из финской части парка «Дружба» (рис. 1).

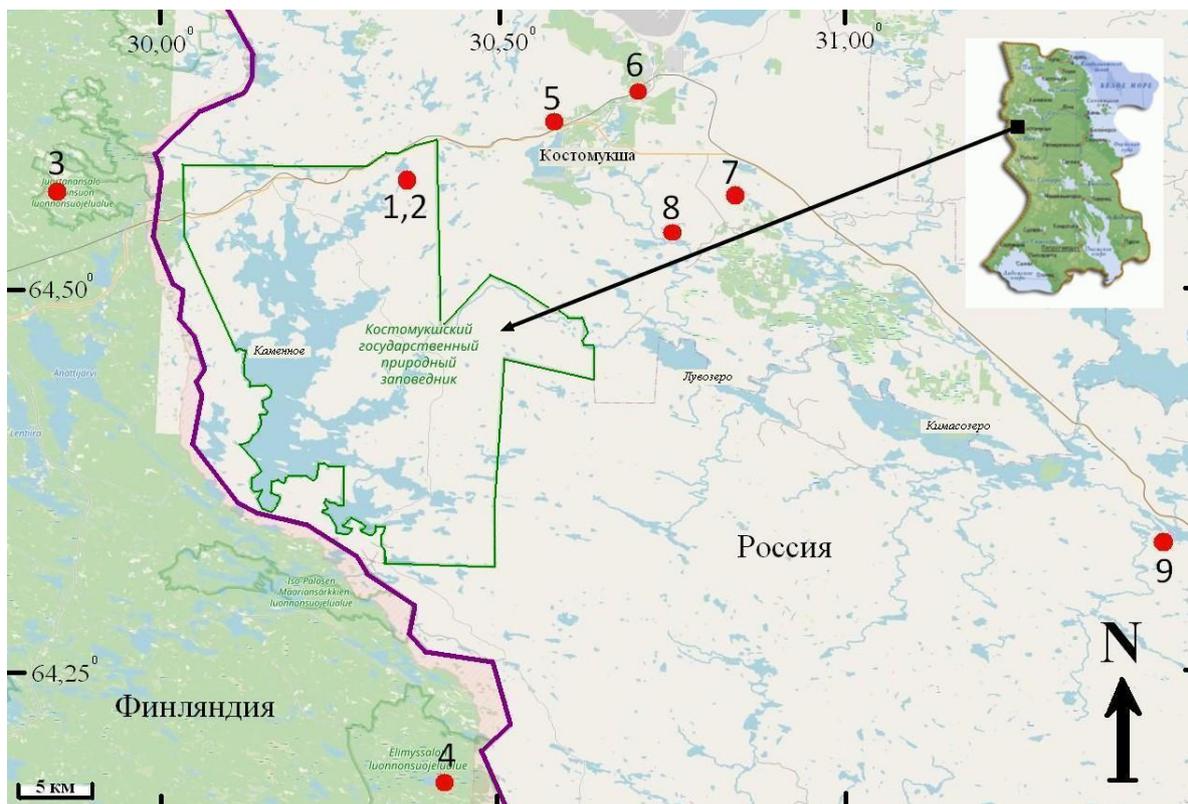


Рис. 1. Картосхема района исследований. Кружками и цифрами обозначены разрезы с опубликованными СПД: 1 – Межсельговое-1, 2 – Межсельговое-2 [1], 3 – Isosuo, 4 – Narkösuo [2], 5 – Последнее, 6 – Заячье, 7 – Носуо [3], 8 – Озеро I, 9 – Озеро II [4].

Спорово-пыльцевые диаграммы (СПД), имеющие в целом 20 радиоуглеродных датировок, опубликованы [1, 2]. Для выявления общих тенденций и особенностей развития суходольной растительности и заболачивания района исследований привлечены также данные по 5 СПД [3, 4] с близлежащих территорий (рис. 1). Реконструкции динамики растительности выполнены со времени дегляциации района исследований в пребореале до настоящего времени на фоне изменения природной среды (в том числе палеоклиматических показателей), а также с учетом геоморфологии территории и антропогенного воздействия. Они опираются на 25 радиоуглеродных датировок. Получены климатохронологическая схема динамики климаксной растительности (рис. 2) и сукцессионные ряды суходольных и водно-болотной растительных сообществ с указанием времени их существования в местах исследований.

Установлено, что дегляциация территория российско-финляндского парка «Дружба» началась примерно 9700 л.н. / 11 160 кал.л.н. и закончилась не позднее 9500±70 л.н. / 10 830±160 кал.л.н. Она была обусловлена глобальным

потеплением климата в начале пребореального периода с максимумом примерно 10 000 л.н. / 11600 кал.л.н. (рис. 2).

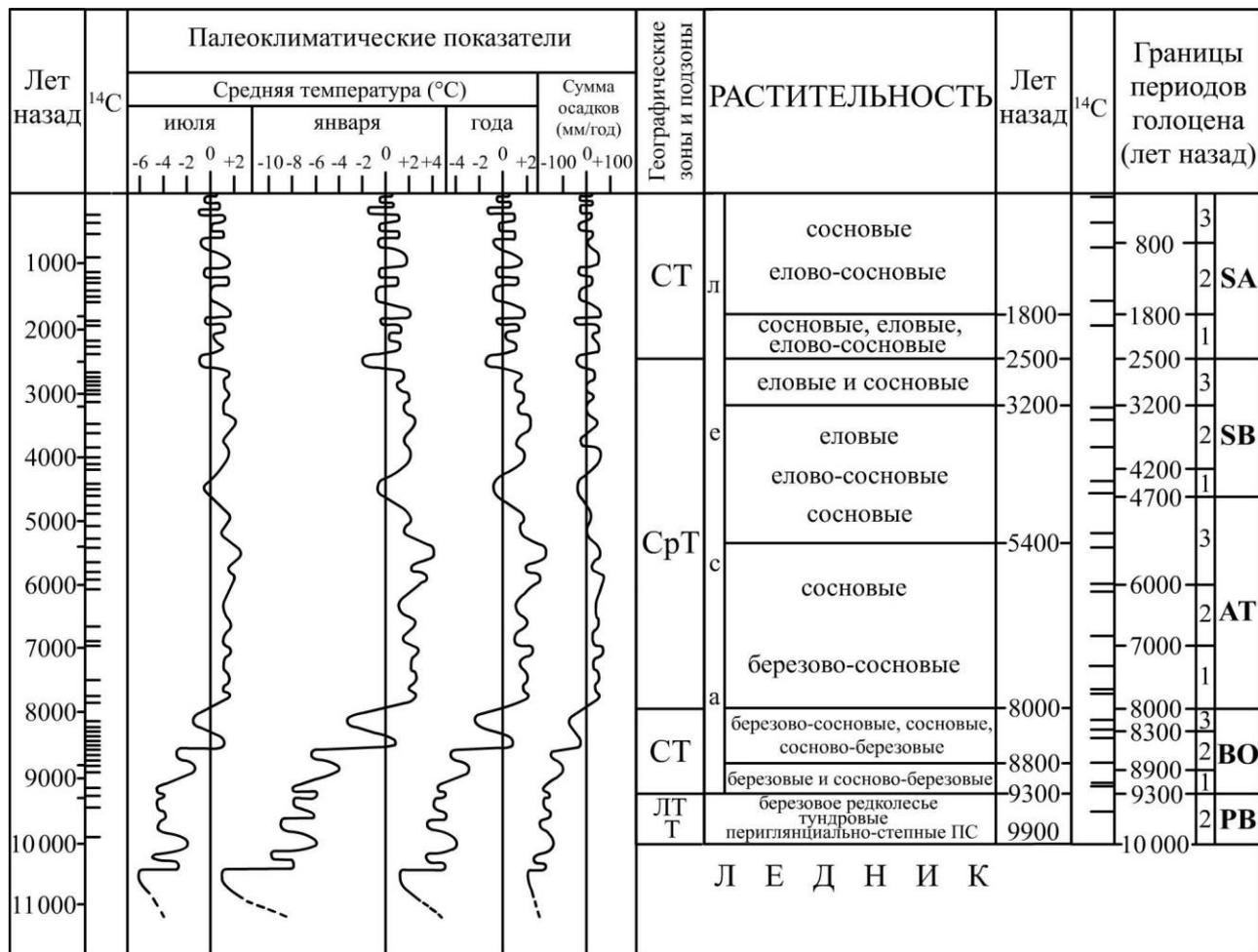


Рис. 2. Динамика растительности на территории исследований на фоне изменения климата в голоцене: ПС – палеосообщества, Т – тундра, ЛТ – лесотундра, СТ – северная тайга, CpT – средняя тайга. Палеоклиматические показатели показаны относительно современных их значений: $t_{VI}^{\circ} = +15^{\circ}$, $t_{I}^{\circ} = -12^{\circ}$, $t_{года}^{\circ} = 0.5^{\circ} C$, количество осадков = 535 мм/год.

По мере отступления ледника здесь распространились перигляциально-степные полынно-марево-разнотравные, тундровые (ерниково- и кустарничко-зеленомошные, ивовые и осоково-злаковые), а также лесотундровые березовые сообщества. Доля первых близ мест исследований была невысокой, а к концу бореала уменьшились и площади, занимаемые тундровой растительностью. Наибольшее распространение в это время имели березовые редколесья. Они сменились березовыми и сосново-березовыми редкостойными лесами, которые были еще широко представлены на протяжении большей части бореала близ болот Межсельговое, Härkösuo (9110±80 л.н. / 10 300±100 кал.л.н.) и Isosuo (8370±60 л.н. / 9370±80 кал.л.н.). Значительное увеличение участия сосны в

составе лесов отмечено с 8750 ± 50 л.н. / 9750 ± 120 кал.л.н. до максимума в конце бореала, что подтверждено датировками 8240 ± 60 л.н. / 9220 ± 100 кал.л.н. и 8090 ± 200 л.н. / 9000 ± 260 кал.л.н. Сосновые и березово-сосновые леса преобладали на протяжении всего атлантического периода. Потепление и увеличение влажности климата в это время способствовало тому, что леса приобрели среднетаежный облик, создало условия для расселения ольхи, возможно, вяза. Ель начала распространяться на территории исследований не позднее 5700 л.н. / 6500 кал.л.н. и со времени 5440 ± 40 л.н. / 6240 ± 50 кал.л.н. играла существенную роль в растительном покрове. Наибольшего распространения еловые леса достигли в суббореале, особенно после 3290 ± 70 л.н. / 3520 ± 80 кал.л.н., когда они согосподствовали с сосновыми лесами. Глобальное похолодание в начале субатлантического периода вызвало выпадение из растительного покрова района исследований и южнее расположенных территорий неморальных видов, изреживание сосновых и еловых лесов, в результате чего они приобрели северотаежный облик. Участие ели в составе лесов снизилось, особенно в последние 800 (700) лет. В настоящее время здесь господствуют сосновые северотаежные леса. Наряду с доминирующей растительностью, начиная с бореала встречались березовые и ольхово-березовые постпирогенные сообщества, с атлантического времени – ольховники. К настоящему времени лесные массивы, пострадавшие от природных пожаров (молний), практически восстановились. Леса в основном девственные, поскольку не испытали существенного антропогенного воздействия.

Анализ и сопоставление имеющихся палеогеографических данных [1–4] показали, что в пребореале, сразу после дегляциации территории началось заторфовывание некоторых обводненных депрессий, что подтверждает датировка 9500 ± 70 л.н. ($10\ 830 \pm 160$ кал.л.н.) базального слоя торфа из разреза Isosuo. В бореальное и атлантическое время улучшение прогрева обмелевших палеоводоемов способствовало сапропелеобразованию, зарастанию их водно-болотной растительностью и переходу на тельматический путь развития. Сведения по динамике болот и сукцессиям болотной растительности в основном опубликованы [1–3 и др.].

Радиоуглеродные датировки органогенного материала и проведенные расчеты [1] позволяют утверждать, что дегляциация района исследования началась несколько раньше, чем считалось ранее. На первых этапах формирования

растительного покрова на северо-западе Карелии смены палеосообществ происходили значительно быстрее, чем в среднетаежной ее подзоне. На изученных территориях получены схемы сукцессионных рядов суходольных и водно-болотных растительных сообществ с пребореала до настоящего времени. Сопоставление авторских [1, 2] и литературных [3, 4] палеогеографических данных позволило выявить региональные и локальные особенности развития растительности и заболачивания района исследований. Особый интерес представляют сведения о времени миграции ели, дополняющие и уточняющие имеющиеся картографические модели ее распространения на северо-западе России и на востоке Балтийского щита. Выполненная детальная реконструкция истории становления современных северотаежных сосновых лесов на фоне изменения палеоклиматических показателей в голоцене содержит информацию о вероятностных их изменениях в будущем при различных климатических сценариях. Полученный комплекс палинологических и радиоуглеродных (20 датировок) данных может быть использован в дальнейшем для корреляции с палеогеографическими материалами из других регионов с целью реконструкции пространственно-временной динамики растительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонова Л.В. Динамика растительности в заповеднике «Костомукшский» (Россия) и на окружающей территории на фоне изменения природной среды в голоцене // *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. 2021. № 6 (Suppl.1). С. 98–115. DOI: 10.24189/ncr.2021.019.
2. Kuznetsov O., Heikkilä R., Mäkilä M., Filimonova L. Holocene vegetation dynamics and carbon accumulation of two mires in Friendship Park, eastern Finland // *Mires from pole to pole. J. The Finnish environment*. 2012. Vol. 38. P. 91–112.
3. Елина Г.А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 159 с.
4. Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б. Палеогеографические реконструкции развития территории северо-западной Карелии в голоцене (по данным изучения донных отложений малых озер) // *Труды КарНЦ РАН*. 2020. № 9. С. 101–122. DOI: 10.17076/lim1268.
5. Климанов В.А., Елина Г.А. Изменения климата на северо-западе Русской равнины в голоцене // *Доклады Академии Наук СССР*. 1984. Т. 274, № 5. С. 1164–1167.

S u m m a r y.

The detailed reconstruction of the formation history of modern north-taiga pine forests in the Russian-Finnish Friendship Nature Reserve was carried out using stratigraphic, radiocarbon and palaeobotanical methods. The climatic-chronological scheme of upland vegetation dynamics since Preboreal time until the present was produced. The data show that the deglaciation of north-western Karelia and the arrival of spruce in the area took place somewhat earlier than previously thought. Replacement of plant communities in the first stages of vegetation formation was much faster than in the middle-taiga subzone. Regional and local features in the development of upland and wetland vegetation in the study area were revealed.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗИМНИЕ МОРОЗЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 1500 ЛЕТ – РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Б.Ф. Хасанов

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва,
bulatfk@gmail.com*

SEVERE WINTER FROSTS DURING THE LAST 1500 YEARS – DENDROCHRONOLOGICAL RECONSTRUCTION

B.F. Khasanov

Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

Аннотация.

Анатомические особенности, формирующиеся в древесине дуба после суровых зим, были изучены в образцах древесины субфоссильных деревьев, сохранившихся в аллювиальных отложениях долины р. Западная Двина (Тверская обл.). Построенная реконструкция охватывает период 572-1762 гг.

Ключевые слова: дендрохронология, анатомия древесины, история климата

В умеренных зонах Европы и Северной Америки вторжения арктических воздушных масс в зимнее время приводят к существенному снижению температуры воздуха, которое, в свою очередь, оказывает значительное воздействие как на функционирование экосистем в целом [1], так и на жизнедеятельность отдельных видов [2]. В то же время, понижения температуры воздуха до экстремальных значений отражают развитие блокирующих процессов в атмосфере, а изменения частоты суровых зим во времени могут быть связаны с долговременными изменениями общей циркуляции. Таким образом, детальное изучение истории экстремальных зимних морозов важно как с точки зрения исторической экологии, так и с позиций палеоклиматологии и палеогеографии.

Историко-климатологические данные, собранные в результате изучения летописей, хроник и других источников, положили начало изучению изменений частоты разнообразных экстремальных погодных явлений, в том числе и суровых зим [3]. Было, в частности, показано [4], что малый ледниковый период характеризовался их повышенной частотой. Это согласуется с теоретическими представлениями об изменении вероятности температурных экстремумов в связи со сменой теплых и холодных периодов в истории Земли [5]. Тем не менее, на основе историко-климатологических данных трудно опровергнуть гипотезу о случайном распределении экстремально морозных зим во времени. Это связано с тем, что извлечение информации о погодных аномалиях из исторических источников сопряжено с большими трудностями

[3] – фрагментарность данных для более ранних периодов, сложность количественной оценки метеорологических параметров, субъективность очевидцев событий и т.д. В результате, реконструкции погодных аномалий, созданные на основе изучения исторических источников, ограничены относительно короткими временными интервалами и негомогенны из-за различного качества источников разных периодов. К счастью, значительные понижения зимних температур оставляют свой след в анатомическом строении древесины некоторых видов деревьев [2], что позволяет использовать дендрохронологические методы в реконструкции зимних температурных аномалий.

В основу данной работы положено изучение анатомических особенностей древесины субфоссильных деревьев дуба, сохранившихся в аллювиальных отложениях реки Западная Двина (Тверская область). Дендрохронологический анализ образцов древесины этих деревьев позволил построить древесно-кольцевую хронологию, охватывающую период времени с 572 по 1762 гг. н.э. [6]. Три типа анатомических признаков формируются в древесине дуба под воздействием экстремальных зимних морозов. Падение температуры воздуха ниже -40°C приводит к формированию морозных колец вследствие повреждения камбиальной зоны в течение периода покоя [2]. Кроме этого, зимние морозы нередко сопровождаются образованием морозобойных трещин, а также повреждением живых клеток древесины, ответственных за превращение зоны заболони в ядро. В последнем случае после экстремальных зимних морозов формируется так называемая включенная заболонь [7]. Для идентификации суровых зим использовались все три признака одновременно (рис. 1). После суровой зимы 1616 года, из 28 исследованных деревьев дуба, 11 деревьев образовали морозные кольца ($n=8$) или морозобойные трещины ($n=3$). В этот же год вследствие повреждения живых клеток древесины у многих деревьев был заблокирован переход зоны заболони в ядро для годовичных колец 1606-1615 гг. Все три признака вместе убедительно свидетельствуют, что минимальная температура зимы 1615/1616 гг. опускалась ниже -40°C [2]. Вместе с тем, образование морозных колец или морозобойных трещин у единичных деревьев дуба в 1608, 1615 и 1621 гг. может быть отражением как суровых зим с менее экстремальными температурами, так и следствием других процессов (поздневесенних заморозков, ранений стволов и др.). Этот пример

хорошо показывает, что (1) ни один из рассматриваемых признаков по отдельности не может считаться идеальным показателем; (2) к образованию похожих анатомических особенностей могут приводить и другие процессы, что порождает некоторый шум; (3) для надежной идентификации суровых зим необходимо большое количество образцов древесины [8].

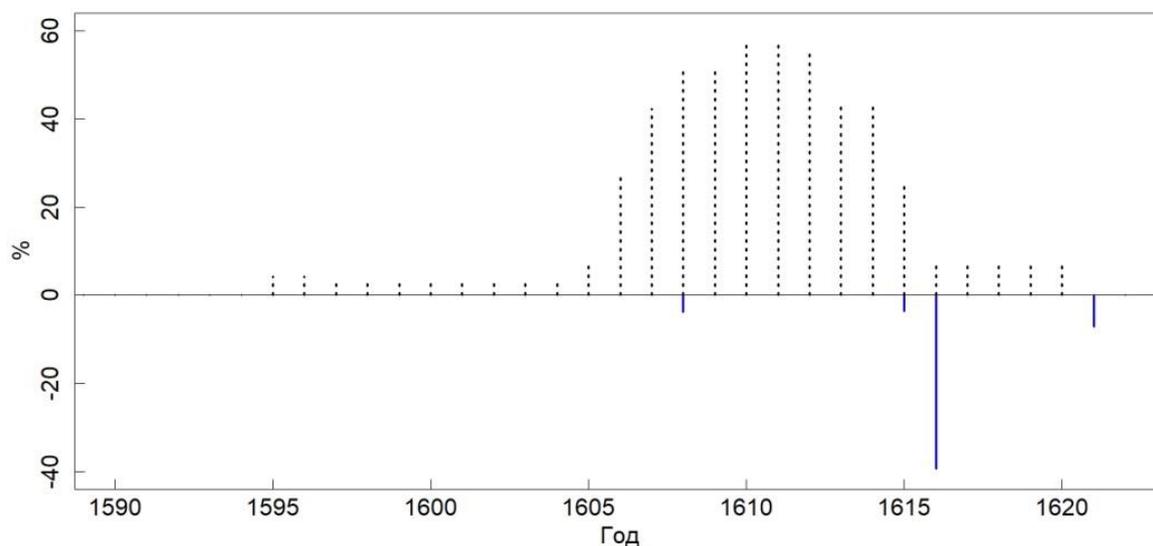


Рис. 1. Процент субфоссильных деревьев дуба, в древесине которых были обнаружены морозные кольца и морозобойные трещины (синие линии) и годичные кольца, интерпретированные как включенная заболонь (пунктирные линии) в интервале с 1589 по 1623 гг.

В результате анализа древесины субфоссильных деревьев дуба был получен ряд наблюдений рассматриваемых анатомических признаков, представленный на рис. 2. Сочетание трех признаков позволяет уверенно идентифицировать 11 суровых зим, в которые температура опускалась ниже -40°C : 737, 990, 1016, 1053, 1172, **1428**, **1524**, **1574**, **1616**, **1637** и **1709** гг. (жирным шрифтом выделены годы, в которые эти наблюдения подтверждаются данными исторических источников [9]). Еще в 24 случаях (682, 716, 765, 849, 860, 898, 911, 946, 975, 1070, **1216**, 1230, **1257**, 1375, **1393**, 1437, **1445**, 1454, 1459, **1494**, **1496**, **1514**, **1551** и **1621** гг.) полученные данные позволяют предположить, что зимние температуры либо опускались ниже -40°C , но недостаточное количество образцов не позволяет утверждать это с уверенностью, либо температура в эти зимы не достигала критических значений. Сравнение полученных данных с историко-климатологическими свидетельствами показывает, что в целом суровые зимы, идентифицируемые дендрохронологическими методами, совпадают с событиями, отмеченными в

исторических источниках. Вместе с тем, ряд суровых зим в источниках не отмечен, и наоборот, некоторые упомянутые в источниках зимы не оставили следа в дендрохронологических данных. Это обстоятельство требует дальнейшего изучения.

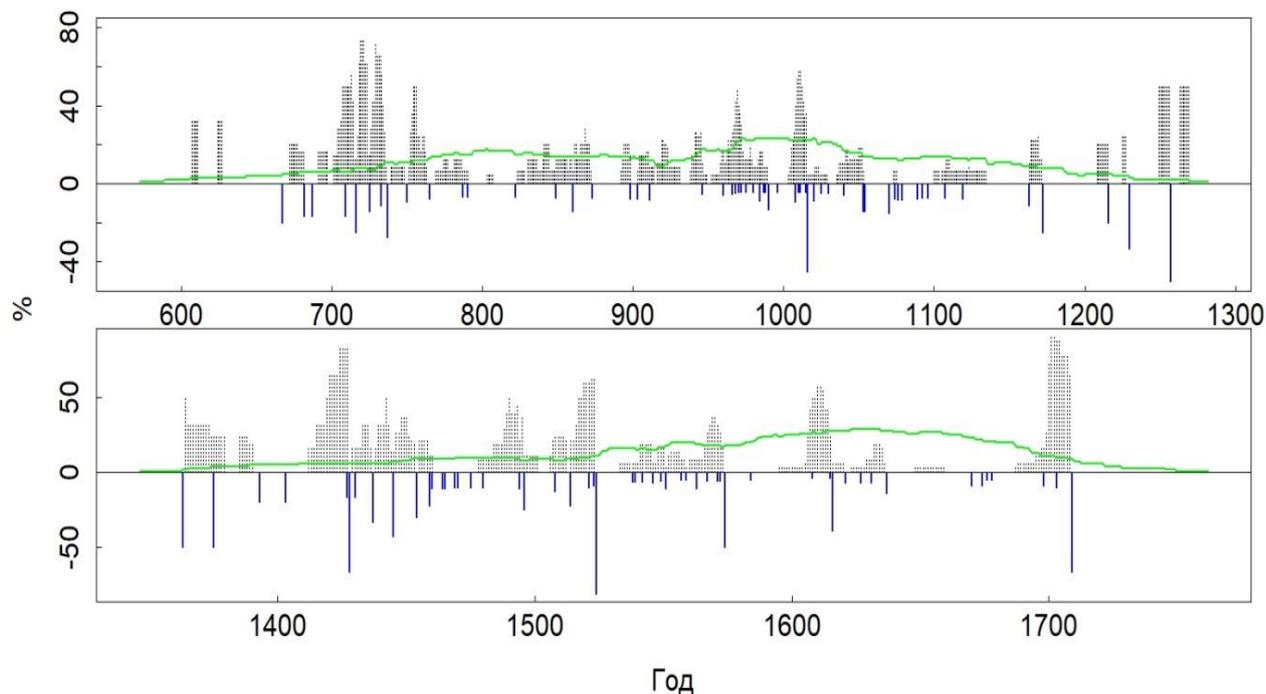


Рис. 2. Результаты учета анатомических особенностей древесины дуба, формирующихся после экстремально морозных зим для периода 572-1762 гг. Количество субфоссильных деревьев, в древесине которых были обнаружены морозные кольца и морозобойные трещины (синие линии) и годовые кольца, интерпретированные как включенная заболонь (пунктирные линии), представлены в процентах от общего числа изученных деревьев (зеленая линия).

Количество образцов древесины, относящихся к периоду со второй половины XIII до конца XIV веков явно недостаточно для идентификации суровых зим. Это связано с тем, что леса в поймах Западной Двины и ее притоков были в этот период вырублены, и накопление субфоссильных деревьев в аллювиальных отложениях почти не происходило [10]. Привлечение образцов древесины дуба из археологических памятников может помочь заполнить этот пробел [10]. Увеличение количества образцов, относящихся как к этому периоду, так и к более ранним и поздним интервалам, позволит точнее определиться и с суровыми зимами, выделенными на данный момент только предположительно. Это, в свою очередь, позволит проверить увеличивалась ли частота суровых зим в малый ледниковый период и более ранние периоды

похолоданий или этот тип погодных аномалий распределен во времени случайным образом. На данный момент ясности по-прежнему нет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов А.А. Флуктуации и сукцессии в лесных сообществах на фоне изменения климата // Изв Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. Вып. 1(5). С. 1316-1319.
2. Khasanov B.F. Severe winter rings of oak trees (*Quercus robur* L.) from Central European Russia // International Journal of Biometeorology. 2013. V. 57. No 6. P 835-843.
3. Brazdil R., Pfister C., Wanner H., von Storch H., Luterbacher J. Historical climatology in Europe – the state of the art // Climatic Change. 2005. V. 70. P. 363-430.
4. Koslowski G., Glaser R. Variation in reconstructed ice winter severity in the western Baltic from 1501 to 1995, and their implications for the North Atlantic Oscillations // Climatic Change. 1999. V. 41. P. 175-191.
5. Seneviratne S.I., Zhang X., Adnan M. et al. Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. 2021. P. 1513–1766.
6. Solomina O., Matskovsky V., Dolgova E., Kuznetsova V., Semenyak N., Bebchuk T., Mikhalenko V., Karpukhin A., Khasanov B. Tree-ring data set for dendroclimatic reconstructions and dendrochronological dating in European Russia // Scientific Data. V. 9. P. 367.
7. Большевцев В.Г. Последствие морозов на рост дуба в Лесной опытной даче // Известия ТСХА. 1961. Т. 40. Вып. 3. С. 207-241.
8. Khasanov B.F. Oak frost ring chronology from Central Russia // *Dendrochronologia*. In press
9. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. Москва: Мысль. 1988. 523 с.
10. Khasanov B.F., Karpukhin A.A., Krenke N.A., Pevzner M.M., Tarabardina O.A., Vasyukov D.D., Yermokhin M.V., Savinetsky A.B. Long oak tree-ring chronologies from Central Russia and their potential for dating // *Tree-ring Research Journal*. V. 77. No 2. P. 53-62.

S u m m a r y.

Anatomical traits left by severe winters were identified in the wood of subfossil oak trees preserved in the alluvial deposits of the Zapadnaya Dvina (Daugava) River (Tver region). This reconstruction was conducted for the period AD 572-1762.

ЧЕЛОВЕК И ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ В ГОЛОЦЕНЕ
MAN AND ECOSYSTEM DYNAMICS IN THE HOLOCENE

**ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЛЬТУРНОГО СЛОЯ
СРЕДНЕВЕКОВОГО ГОРОДА: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ
(ПО МАТЕРИАЛАМ РАСКОПОК В СУЗДАЛЕ)**

А.С. Алешинская¹, А.Н. Федорина¹

¹*Институт археологии РАН, г. Москва, asalesh@mail.ru*

**PALYNOLOGICAL STUDIES OF THE CULTURAL LAYER OF A MEDIEVAL
CITY: POSSIBILITIES AND PROBLEMS
(BY THE MATERIALS OF THE EXCAVATIONS IN SUZDAL)**

A.S. Aleshinskaya¹, A.N. Fedorina¹

¹*Institute of Archaeology Russian Academy of Sciences, Moscow*

Аннотация. Палинологические исследования культурных слоев в условиях плотной средневековой городской застройки имеют некоторые особенности отбора образцов и последующей интерпретации полученных палинологических данных. Все эти трудности, а также возможности палинологии в таких условиях хорошо иллюстрируют материалы из раскопа по ул. Ленина 76 в Суздале, где проведена реконструкция изменений природной среды с XI по XVI вв., связанных главным образом с антропогенной деятельностью.

Ключевые слова: палинология, археология, культурный слой, средневековье, Суздальское ополье

Одной из насущных задач в изучении Суздальского Ополя является накопление данных для палеоэкологических реконструкций. Это необходимо как для восстановления природной среды, так и для уточнения наших знаний об экономической истории и культуре средневековой Руси. За последние десятилетия накоплен значительный объем палинологических данных по селищам в округе Суздаля, но в самом городе палинологические исследования были проведены впервые.

Работа в условиях плотной городской средневековой застройки имеет некоторые особенности отбора образцов и последующей интерпретации полученных палинологических данных.

На этапе отбора образцов основная трудность – выбор места для палинологической колонки, вызванная высокой плотностью разновременных объектов застройки и высокой степенью хозяйственной и строительной нагрузки. Вторая методическая трудность – при работе в городе очень сложно, а часто вообще невозможно найти фоновый/естественный разрез. Важный

аспект в анализе полученных данных – понять, в какой степени зафиксированная картина является результатом естественных процессов, а в какой – антропогенных.

Все эти трудности, а также возможности палинологии в таких условиях хорошо иллюстрируют материалы из раскопа по ул. Ленина 76. Раскоп был расположен в центральной части окольного города Суздаля, на южной стороне современной Торговой площади.

Возникновение жилой застройки археологи относят ко 2-й половине – концу XI в. Основанием для датировки служит серия стеклянных бус и бисера и находки лепной и раннекруговой керамики. Результаты археологических исследований позволяют говорить, что в это время здесь возникает усадьба огороженная частоколом.

На протяжении XI–XIV вв. границы усадьбы довольно стабильны. Об этом свидетельствуют следы ремонта различных частей ограды, неизменность ее расположения и ориентировки, а также то, что все объекты этого времени расположены к югу от границы усадьбы и не прорезают ее. Собрана многочисленная вещевая коллекция (450 предметов, свыше 240 фрагментов обработанных костей и рогов животных), в которой представлены различные категории изделий бытового назначения, украшений и деталей костюма, торгового инвентаря, импорта и т. д. Получены свидетельства существования в эпоху Средневековья на изученной усадьбе косторезного ремесла.

Наилучшая сохранность почвенных горизонтов отмечалась на северном участке, где была отобрана палинологическая колонка № 1. В качестве вспомогательных были отобраны разрезы № 2, располагавшийся вне усадебного комплекса, где сохранность погребенной почвы была несколько лучше, и № 3 - внутри исследованной усадьбы.

Сопоставляя материалы, полученные по всем трем колонкам, можно сказать, что низы всех колонок относятся примерно к одному временному интервалу (XI в.), возможно, с небольшими сдвигами. Самым ранним, скорее всего, является спорово-пыльцевой комплекс (спк) I из колонки 1. Это единственный комплекс, где преобладает пыльца древесных пород, а точнее березы (рис. 1).

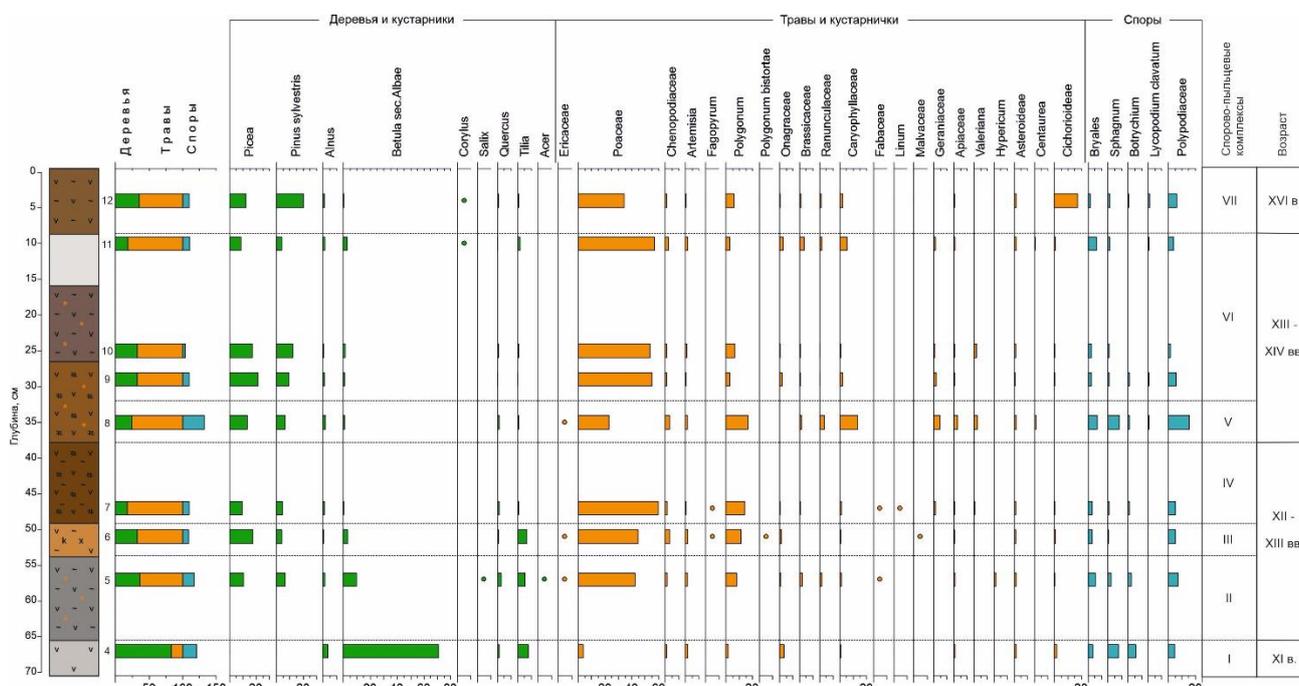


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма по колонке 1

Вероятно, данный комплекс отражает начало восстановления растительности после вырубки и пожара, когда были уничтожены коренные хвойные породы (ель, сосна) и которыми были затронуты самые нижние слои в колонке 1, где пыльца отсутствует и фиксируется большое количество золы, угольков и сгоревшей органики.

Борозды и следы от лопат свидетельствуют о том, что освобожденные от леса участки использовались под пашни и огороды. Тем не менее, судя по большому количеству пыльцы березы, не вся расчищенная территория была распахана. Возможно, что часть хвойных лесов была вырублена для строительства, и в дальнейшем на этих участках в окрестностях города появились вторичные березовые леса, в составе которых в небольшом количестве присутствовала липа, а на влажных участках – ольха.

В это время развитие вторичных березовых лесов отмечается и в других частях Суздальского ополья. Аналогичная картина была получена ранее по поселениям Весь 1, Кибол 5 и по естественному разрезу у поселения Троица-Берег 3 [1, 2].

Дальнейшие изменения в составе лесов отмечаются в комплексах из колонок 2 (I спк) и 3 (I спк). В это время количество березы начинает сокращаться, появляются коренные хвойные породы (ель, сосна) с незначительной примесью липы. На открытых

пространствах существовали разнотравно-злаковые сообщества с преобладанием различных сорных растений, а также пашни и (или) огороды.

Последующие этапы изменения состава растительных сообществ на протяжении XII-XVI вв. прослеживаются по комплексам из колонки 1, скорее всего после перерыва в осадконакоплении, который может быть связан с уничтожением части слоя распашкой или при дальнейшем обустройстве территории.

За время перерыва, отмеченного в разрезе, произошло постепенное восстановление коренных лесов. Сначала это были широколиственные (липовые) леса или смешанные с небольшой долей ели и березы. В то же время площади лесов в целом сократились, что связано с активным использованием территории, начало которого приходится примерно на первую половину XII века. Возможно, что этим обусловлено и меньшее количество ели и сосны, которые вырубали для строительства. Начиная с этого времени, непосредственно вокруг города существуют преимущественно открытые пространства, возможно с небольшими островными лесами. Крупные лесные массивы могли располагаться в отдалении от города.

На окраине города свободные от леса участки, возможно, были распаханы, о чем свидетельствует большое количество пыльцы культурных злаков.

В то же время наличие пыльцы культурных злаков не всегда свидетельствует о существовании поблизости пашни. Оно также может быть связано с местами обработки или хранения зерна, а также содержания скота.

В черте города росли растения, обычные для поселений. Это различные сорные растения из подсемейств астровых и цикориевых, горец.

Судя по составу спектров (спк III), в дальнейшем в составе лесов происходило увеличение количества ели. Меньше становится березовых лесов.

Остается открытым вопрос о существовании в окрестностях города пахотных угодий. В любом случае, большое количество пыльцы культурных злаков говорит о широком использовании зерновых культур и активной жизни в городе.

Два вышеописанных комплекса характеризуют наиболее теплый, из всех описанных по разрезу периодов, относящийся к средневековой климатической аномалии. Возможно, что сокращение лесов было связано не только с деятельностью человека, но и с климатическим фактором. Изменение климата

могло непосредственно влиять на смену растительности, и в тоже время способствовать активизации хозяйственной деятельности человека.

Аналогичный этап с преобладанием широколиственных лесов прослеживается по изученным ранее разрезам на поселениях Вишенки 3, Кистыш, Кибол 5 и по естественному разрезу у поселения Весь 5 [1, 2].

Следующий этап, относящийся, скорее всего, уже к XIII в. выделяется как в колонке 1 (комплекс IV), так и в колонке 2 (комплекс III) и характеризуется более холодными климатическими условиями. В это время состав леса изменился. В окрестностях города произрастали преимущественно хвойные сосново-еловые леса с небольшой примесью дуба и липы. Возможно, что существовали и чистые сосновые боры.

Большое количество пыльцы культурных злаков может свидетельствовать, как о расширении пахотных угодий в окрестностях, так и в целом об интенсивной хозяйственной деятельности в городе.

Следующий комплекс V существенно отличается от всех выделенных в разрезе. Здесь отмечается самое высокое содержание спор, среди которых помимо папоротников семейства многоножковых (*Polypodiaceae*) и зеленых мхов (*Bryales*) отмечено много спор сфагновых мхов (*Sphagnum*). Среди травянистых растений уменьшается количество пыльцы злаков (*Poaceae*). Преобладает пыльца разнотравья, в составе которого чаще всего встречается пыльца горца (*Polygonum*) (22%) и семейства гвоздичных (*Caryophyllaceae*) (18%). Также отмечена пыльца влаголюбивых растений семейства вересковых, лютиковых, валерианы.

Это тот случай, когда нет однозначной интерпретации полученных данных.

Ясно, что это был крайне неблагоприятный период, когда на участке было очень влажно.

Учитывая кратковременность данного этапа, маловероятно, что такие условия были связаны с естественными факторами.

Подобные условия могли быть созданы самим человеком в результате слишком интенсивного использования территории. Сильное нарушение или уничтожение почвенного покрова могло привести к его переувлажнению и как следствие к появлению влаголюбивых сорных растений и зеленого мха. В то же время сомнительно, что здесь мог произрастать сфагновый мох и папоротники.

Скорее всего эти растения были принесены и использовались человеком в хозяйственных целях, в каких мы можем только предполагать. Они могли применяться как подстилка для скота или в погребях, а сфагновый мох до сих пор широко используется при строительстве в качестве утеплителя.

Несмотря на такие условия, состав лесов в окрестностях города мало изменился, что также свидетельствует в пользу антропогенной природы локальных негативных изменений, о которых упоминалось выше. Необходимо отметить лишь незначительное уменьшение роли широколиственных пород.

Следующий продолжительный этап XIII-XIV вв. (комплекс VI) отличался достаточно стабильными условиями и интенсивной хозяйственной деятельностью.

В окрестностях города по-прежнему произрастали сосново-еловые леса. Возможно, что на отдельных участках росли сосновые боры. В пределах города преобладали сообщества рудеральной растительности.

Судя по характеру спорово-пыльцевого спектра, в дальнейшем, в XVI в. (комплекс VII) отмечается некоторый спад хозяйственной деятельности. Количество пыльцы культурных злаков уменьшается, в то время как резко увеличивается содержание пыльцы подсемейства цикориевых, среди которых преобладают сорные растения, произрастающие на пустошах и в других местах с нарушенным естественным почвенным покровом. Также отмечается увеличение площади лесов и/или смещение их границы ближе к городу. Причем это были леса уже совсем другого состава. В это время в окрестностях произрастали хвойные елово-сосновые леса с преобладанием сосны. Возможно, что в благоприятных местообитаниях могли расти и чистые сосновые боры.

Такие же изменения в составе лесов прослеживаются по разрезам на поселениях Весь 1, Весь 5, Вишенки 3, Кистыш, Кибол 5, по естественным разрезам у поселений Весь 1 и Троица-Берег 3 [1, 2].

Статья подготовлена в рамках выполнения темы НИР ИА РАН «Междисциплинарный подход в изучении становления и развития древних и средневековых антропогенных экосистем» (№ НИОКТР 122011200264-9).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешинская А.С., Кочанова М.Д., Макаров Н.А., Спиридонова Е.А. Становление аграрного ландшафта Суздальского Ополя в средневековье (по данным археологических и палеоботанических исследований) // Российская археология. 2008. № 1. С. 35-47.
2. Алешинская А.С., Кочанова М.Д., Макаров Н.А., Спиридонова Е.А., Карпухин А.А. Ландшафты Суздальского Ополя и влияние на них человека в средневековье (по данным

археологических и палеоботанических исследований) // Сельская Русь в IX-XIV вв. М.: Наука, 2008. С. 127-157.

S u m m a r y.

Palynological studies of cultural layers in the conditions of dense medieval urban development have some features of sampling and subsequent interpretation of the obtained palynological data. All these difficulties, as well as the possibilities of palynology in such conditions, are well illustrated by materials from the excavation on the st. Lenina 76 in Suzdal, where the reconstruction of changes in the natural environment from the 11th to the 16th centuries, mainly associated with anthropogenic activities, was carried out.

ХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКТИВНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛЕСОВ В РАННЕМ ЖЕЛЕЗНОМ ВЕКЕ НА ВЕРХНЕЙ ВОЛГЕ

М.В. Бобровский¹, Д.А. Куприянов², А.Л. Смирнов²,
Л.Г. Ханина³, М.В. Добровольская²

¹*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН»,
Пушино, taxim.bobrovsky@gmail.com*

²*Институт археологии РАН, Москва, Московский государственный университета имени
М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, dmitriykupriyanov1994@yandex.ru*

³*Институт математических проблем биологии РАН, филиал Института имени Келдыша
РАН, Пушино, khanina.larisa@gmail.com*

HUMAN ACTIVITY AND THE TAXONOMIC COMPOSITION OF WOODLANDS IN THE EARLY IRON AGE ON THE UPPER VOLGA

M.V. Bobrovsky¹, D.A. Kupriyanov², A.L. Smirnov²,
L.G. Khanina³, M.V. Dobrovolskaya²

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of RAS, Pushchino Scientific
Center for Biological Research of RAS, Pushchino*

²*Institute of Archaeology of RAS, Moscow, Lomonosov Moscow State University, Faculty of
Geography, Moscow*

³*Institute of Mathematical Problems of Biology of RAS, Branch of the M.V. Keldysh Institute of
Applied Mathematics of RAS, Pushchino*

Аннотация.

В бассейне Верхней Волги в раннем железном веке (дьяковская культура) была сформирована сеть городищ, охватывающая всю территорию (Пеновский район Тверской области). Были изучены угли (≥ 2 мм) из шурфов и кернов на площадках пяти городищ. Характеристика культурных слоев городищ позволяет отнести их к Archaeological Dark Earth, мощность которых от 50 до 80 см. При анализе углей выявлены древесные таксоны 14 родов. На всех городищах преобладали угли хвойных, таких как *Pinus* и *Picea*. По стратиграфии углей и таксономическому составу датированных образцов наибольшее видовое богатство деревьев наблюдалось в раннем железном веке. Для этого периода выявлено также наибольшее разнообразие широколиственных видов деревьев, в том числе *Quercus*, *Ulmus*, *Acer*.

Ключевые слова: историческая экология, педоантракология, Дьяковская культура, Archaeological Dark Earth, радиоуглеродное датирование

Изучение формирования культурного слоя археологических памятников – важное направление междисциплинарных исследований. Анализ архивных материалов и разведки, проведенные Рунским отрядом Института археологии РАН в 2018–2021 годах, позволили выявить на территории микрорегиона в верховьях Волги и Западной Двины (Пеновский район Тверской области) достаточно густую сеть городищ. Памятники относятся преимущественно к раннему железному веку (Дьяковская культура), хотя некоторые могли возникнуть и в раннем средневековье. Одна из особенностей исследованных городищ – слабая антропогенная нагрузка на их территории после исчезновения поселений. Основная цель нашего исследования – охарактеризовать культурные слои пяти городищ раннего железного века и раннего средневековья с целью выявления особенностей использования территории поселений и взаимодействий между человеком и природой.

Район исследований расположен на севере Валдайской возвышенности. С запада и запада исследуемая территория ограничена водоразделами рек Западная Двина и Волхов, а с востока цепью Верхневолжских озер, входящих в состав реки Волги. На памятниках проводили педоантракологический анализ культурных слоёв и подстилающих грунтов. Отбор образцов осуществляли непрерывно каждые 15 см в центре и на противоположных концах верхних площадок городищ с помощью почвенного бура Eijkelkamp. Также были отобраны образцы грунта в разведочных шурфах. Все образцы почвы высушивали на воздухе и просеивали через сито с размером ячеек 2 мм. Фрагменты древесного угля извлекались вручную из просеянных образцов и затем взвешивались для расчета концентрации древесного угля (или антракомассы, г древесного угля на кг сухой почвы). Таксономическую идентификацию древесных углей проводили с помощью Микромед Полар-1 с увеличением 50х-400х. Четырнадцать образцов древесного угля были датированы радиоуглеродным методом на ускорительном масс-спектрометре (AMS-14C) в Лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН (ИГ РАН).

Культурный слой всех исследованных городищ был представлен супесями; обычно он имел темный цвет из-за обилия мелкого древесного угля. Местами культурный слой имел включения камней, разрушенных обжигом. Почвы городищ относятся к антропогемам или Antrosols. Свойства позволяют отнести их к группе Dark Earth (Archaeological Dark Earth, далее ADE), интенсивно

изучаемым в последнее время. Мощность ADE на городищах Лихаша-Заборовка и Ворошилово составляет 50–80 см, на городище Руна – 50–60 см, в Верхмареве-1 и Верхмареве-2 – около 60 см.

Особенность ADE исследованных городищах состоит в том, что они не являются погребенными почвами; они располагаются на дневной поверхности. Городища Заборовка-Лихуша, Ворошилово и Руна-Заборовка также характеризуются отсутствием явных признаков позднего антропогенного воздействия, а также наличием леса на этих участках как минимум в последние века. Как возраст углей в культурном слое, так и археологические находки (прежде всего, керамика) показывают, что основная мощность ADE на городищах Заборовка-Лихуша и Ворошилово сформировалась в раннем железном веке (около 3 в. до н. э. – 2-3 вв. н.э.). На городищах Руна-Заборовка, Верхмареве 1 и Верхмареве 2 ADE формировались в 1 тысячелетии н.э. Существование ADE демонстрирует способность песчаных почв в европейском климате сохранять высокое содержание органического вещества в течение сотен лет при прекращении хозяйственного использования.

Для городища Заборовка-Лихуша нами отмечены самые высокие значения максимальной (10 г/кг сухой почвы) и средней ($1,24 \pm 0,55$ г/кг) концентрации древесных углей в культурном слое. Эти значения составили 1,84 и $0,47 \pm 0,12$ г/кг для городища Ворошилово и 1,06 и $0,40 \pm 0,10$ г/кг для городища Руна-Заборовка. Самые низкие значения концентраций древесного угля отмечены для Верхмареве 1 (0,51 и $0,12 \pm 0,04$ г/кг) и Верхмареве 2 (0,12 и $0,02 \pm 0,01$ г/кг). Хотя культурный слой на исследованных городищах во многом сходен, он также имеет различия, прежде всего, по мощности, степени однородности, окраске и концентрации углей ≥ 2 мм. Очевидно, интенсивность темной (черной) окраски зависит от концентрации более мелкодисперсных углей (которую в данном исследовании не учитывали). Толщина слоя и его однородность зависят от факторов педотурбации. Выявить эти факторы невозможно без детальных археологических раскопок, которые пока являются задачей будущих исследований.

На площадках городищ из 86 проб почвы извлечено 997 углей; 16 образцов почвы не содержали угля. Всего таксономически определено 685 углей, принадлежащих к 14 древесным родам. Для городищ Заборовка-Лихуши и Ворошилово преобладали угли *Pinus* (соответственно 66 и 40 %), затем *Picea* (16 и 20 %). На этих городищах также обнаружены угли четырех лиственных пород:

Quercus, Ulmus, Acer, Tilia (11 % от всех древесных углей) – в Заборовке-Лихуше и *Quercus, Ulmus, Acer, Corylus* (16 %) – в Ворошилово. На городищах Руна-Заборовка, Верхмарево-1 и Верхмарево-2 преобладали угли *Picea* (соответственно 50, 64 и 92%). Для городища Руна-Заборовка на втором месте были угли *Quercus* (26%, но это вклад одной пробы), а доля *Alnus* (6%) была больше, чем на других участках. В Верхмарево-1 на долю углей широколиственных видов *Quercus, Ulmus, Acer, Corylus* приходилось 26 %. В Верхмарево-2 углей было обнаружено так мало, что достоверно представить их состав невозможно; кроме *Picea*, здесь обнаружены древесные угли *Betula* (8%).

Разнообразие древесных таксонов, описанных в городищах, представляется высоким для южнотаежного региона, где преобладают сосновые, реже еловые леса с относительно бедным видовым составом. По стратиграфии углей и таксономическому составу датированных образцов наибольшее видовое богатство деревьев наблюдалось в раннем железном веке. Для этого периода также выявлено наибольшее разнообразие лиственных пород деревьев.

Кардинальных изменений в составе регионального видового пула, таких как исчезновение видов, не произошло. Среди трех периодов: раннего железного века (с 5 вв. до н.э. по 5 вв. н.э.), раннего средневековья (с 6 по 10 вв. н.э.), высокого и позднего средневековья (с 11 по 16 вв. н.э.), наибольшее разнообразие родов древесных пород отмечено для раннего железного века, где были обнаружены угли *Quercus, Ulmus, Acer, Populus*. Сжигание древесины *Acer* и *Ulmus* (а также *Quercus*), возможно, предполагало ее целевое использование для получения высоких температур пламени, например, при выплавке металлов.

Изучение древесного угля в других городищах и окружающих почвах региона позволит как оценить активность населения в районах городищ, так и выявить особенности антропогенной трансформации прилегающих территорий.

Авторы благодарят Г.А. Лекарева за всестороннюю поддержку полевых изысканий. Исследования поддержаны проектом РНФ 22-28-01761.

S u m m a r y.

A network of hillforts covering the entire area was formed in the Upper Volga River (Tver region, Peno district) basin in the Early Iron Age (Dyakovo culture). Charcoals (≥ 2 mm) in cultural layers of five hillforts located in the upper reaches of the Volga River (Tver Region) were studied in soil cores and pits. The characteristics of the cultural layers of the hillforts allow us to refer it to the category of Archaeological Dark Earth with a thickness from 50 to 80 cm. Woody plants of 14 genera were identified. Coniferous charcoals such as *Pinus* and *Picea* prevailed in all hillforts. According to the stratigraphy of charcoals and the taxonomic composition of dated samples, the greatest species richness was observed in the Early Iron Age. For this period, the greatest diversity of hardwood tree species including *Quercus, Ulmus, and Acer* was also revealed.

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ В АНТИЧНОЕ ВРЕМЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДИЩА АРТЕЗИАН В КРЫМСКОМ ПРИАЗОВЬЕ)

А.А. Гольева¹, Н.И. Винокуров²

¹ *Институт географии РАН, Москва, golyeva@yandex.ru*

² *МПГУ имени В.Ф. Семёнова, Москва, vinokurov@list.ru*

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF LANDSCAPES IN ANCIENT TIMES (ON THE EXAMPLE OF THE TOWN OF ARTESIAN IN CRIMEAN PRYAZOVIA)

A.A. Golyeva¹, N.I. Vinokurov²

¹ *Institute of Geography of the Russian Academy of Science, Moscow*

² *Moscow Pedagogical State University, Moscow*

Аннотация.

Геоархеологические работы, на античном поселении Артезиан, расположенном в Крымском Приазовье показали, что за менее, чем 400 лет интенсивного хозяйствования, участок городища и территории вокруг него были кардинально и необратимо изменены человеком. Изменениям подверглись практически все компоненты природы: литосфера, почвенный и растительный покровы, животный мир. Максимальные преобразования были в пределах городища, значительные – на участке некрополя, но и периферийная часть была полностью перестроена. Под поля, сады, виноградники и пастбища вырубались деревья. Распашка земель, выпас скота сопровождались нарушением почвенного покрова, развитием почвенной эрозии, появлением новых, более ксерофитных, видов растений, устойчивых к потраве.

Ключевые слова: Крымское Приазовье, античность, эрозия, антропогенное остепнение

Античное поселение «Артезиан» (45°39'63,66"сш, 36°16'71,91"вд) занимало площадь 7 га и было расположено на возвышенности между двумя балками. Оно функционировало с V-IV вв до н.э. вплоть до IV в. н.э. Сейчас городище представляет собой комплекс разрушенных сооружений, заросших сухо-степной растительностью.

Многолетние раскопки, проводимые одним из авторов данной работы, позволили восстановить сложную историю городища, определить хронологические периоды его взлетов и падений [1-3]. Эта детальная историко-археологическая реконструкция позволяет не только определить типы антропогенной трансформации ландшафтов как на самом городище, так и в окрестностях, но и, учитывая узкие хронологические рамки различных этапов жизни на городище, рассмотреть динамику этой трансформации, начиная с начальных моментов становления городища до его практически полного забрасывания (табл. 1). А также сделать вывод о том, что современные сухо-степные ландшафты региона напрямую связаны с антропогенной трансформацией ландшафтов в античное время.

Таблица 1. Городище Артезиан. Взаимосвязь между этапами функционирования городища и трансформацией ландшафтов вокруг него

Исторические данные	Археологические данные	Хозяйственная деятельность	Природная среда	Тип ландшафта
С IV-Vв до н.э. до 370-315гг до н.э.	Небольшое селище, землянки, строения из сырцового кирпича	Рубка лесов для приготовления пищи, начало добычи камня для строительства	Широколиственные и хвойные леса, черноземовидные почвы под лугами, обводненные балки	Преимущественно природный. Начало антропогенной трансформации.
370-315гг до н.э. – 63г до н.э. (землетрясение)	Оштукатуренные каменные хозяйственно-жилые комплексы с деревянными перекрытиями, черепица, жаровни	Массовая вырубка деревьев, добыча камня, глины. Рытье колодцев	Сильные нарушения биосферы, литосферы. педосферы. Изменения гидрологических параметров	Формирование антропогенного ландшафта на городище и в ближайших окрестностях.
63г до н.э. – 44/45 гг н.э.	Расширение городища, постройка крупных капитальных сооружений (башня), каменных стен, глубокого (3,2-3,6м) рва, виноделен. Находки серпов, пил, плугов, зерна, горнов	Срезание холмов, террасирование склонов, гончарное, ткацкое производства; животноводство, птицеводство, виноделие, земледелие	Массовая вырубка деревьев в регионе, создание карьеров и вскрышные работы на значительной площади, изменение гидросети, почвенного и растительного покровов	Расширение площадей антропогенно преобразованных ландшафтов
44/45 – 45/46 гг н.э. (война, пожар)	Уменьшение площади городища, забрасывание многих территорий. Находки: кормушка для домашних животных	Животноводство	Начальные этапы восстановления растительного и почвенного покровов на периферийных участках	Преимущественно антропогенный, локально природно-антропогенный
45/46гг н.э. – вторая половина III в н.э.	Восстановление и расширение площади городища, создание новых карьеров, рва, поднятие уровня внутри новой цитадели, промышленное	Добыча глины, песка, известняка в промышленных масштабах, максимальное расширение земель под выпас скота, земледелие, виноделие.	Восстановление и расширение площадей коренного преобразования почвенного, растительного покровов, литосферы и гидросферы.	Антропогенные ландшафты на всей территории, находящейся под контролем населения городища.

	производство черепицы Находки: ямы от пифосов и амфор, кормушек для животных Создание некрополя площадью 15 га		Некрополь – вывод земель из оборота при полном уничтожении растительности и почв	
III – IV вв н.э.	Отдельные жилые участки Находки: винодельни, кормушки и загородки для скота, зернохранилища	Виноградарство, животноводство, земледелие	Частичное восстановление растительного и почвенного покровов в периферийной зоне	Природно-антропогенный
После IV в н.э.	Запустение	-	Восстановление природных комплексов	Природный

Таким образом, за менее, чем 400 лет интенсивного хозяйствования, участок самого городища и значительные территории вокруг него были кардинально и необратимо изменены человеком. Изменениям подверглись практически все компоненты природы: литосфера, почвенный и растительный покровы, животный мир. Безусловно, максимальные преобразования были в пределах площади городища, значительные – на участке некрополя, но и экосистема периферийной части была полностью перестроена. Под поля, сады, виноградники и пастбища вырубались произраставшие деревья [4]. Распашка земель под виноградники и поля, места выпаса скота сопровождались нарушением почвенного покрова, развитием почвенной эрозии, появлением новых, более ксерофитных, видов растений, устойчивых к по траве. А регулярный выпас скота не позволял восстановиться древесному ярусу.

Развитие производств (гончарного, металлоплавильного), постоянные работы по строительству и/или перестройке зданий требовали значительных объемов вскрышных работ, перемещению многих тонн глины, песка и камня, что меняло окружающий ландшафт. Ирригационные работы, например, по обеспечению жителей городища водой, меняли направленность и объемы водных потоков, а бытовые и канализационные стоки с городища влияли на

общую экологическую ситуацию, усиливая негативные эффекты каждого антропогенно преобразованного компонента.

В античное время подобных городищ в регионе было много и располагались они в пределах практически прямой видимости, следовательно, границы хозяйственных владений близлежащих городищ смыкались. Поскольку Артезиан является типичным поселением своего времени, то выводы, сделанные для него, можно уверенно экстраполировать на остальные. Иными словами, кардинальная и необратимая перестройка ландшафта имела место не только в пределах одного городища и его хозяйственной округи; она была существенно больше и затрагивала всю часть Боспорской ойкумены. То есть современные степные ландшафты Крыма, скорее всего, имеют не природную, а антропогенную основу своего формирования. И начало было положено в античное время.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190169-5(FMGE-2019-0006)

ЛИТЕРАТУРА

1. Сапрыкин, С. Ю., Винокуров Н.И., Белоусов А.В. Городище Артезиан в Восточном Крыму (его жители и культы) // Вестник древней истории. 2014. № 3(290). С. 134-162.
2. Винокуров, Н. И. Новые данные о конструкции ранней цитадели городища Артезиан в Крымском Приазовье // Боспорские исследования. 2017. № 35. С. 180-207.
3. Винокуров, Н. И. Два слоя пожара Боспоро-Римской войны 44/45-49 гг. На городище Артезиан в Восточном Крыму // Древности Боспора. 2018. Т. 23. С. 56-72.
4. Гольева, А. А., Винокуров Н.И. Ландшафты северо-восточной части Крымского полуострова в античную эпоху по данным антракологического анализа (на примере городища Артезиан) // Экология древних и традиционных обществ : Материалы VI Международной научной конференции, Тюмень, 02–06 ноября 2020 года. Тюмень: ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, 2020. С. 139-140.

S u m m a r y.

On the basis of a comparative analysis of known historical and archaeological data the paper shows the formation of the anthropogenic landscape for the period of 800 years of the ancient town of Artesian (Crimean Pryazovia). It was found that the process of transformation of all components of biocenoses has not always been progressive. In certain periods (war, earthquake) there was a decrease in the anthropogenic load and the natural landscapes were restored on the periphery of the territory controlled by the town. However, these periods did not change the overall outcome – radical and irreversible change of all components of the landscape by man. The obtained data are well aligned with known literary findings about the significant human influence on landscapes in past eras and confirm their existence in the northeastern part of Crimea.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ВАЛОВ РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА В СРЕДНЕМ ПООЧЬЕ (ДЬЯКОВСКАЯ КУЛЬТУРА)

А.А. Гольева¹, В.Ю. Коваль², А.С. Сыроватко³

¹ *Институт географии РАН, Москва, golyevaaa@yandex.ru*

² *Институт археологии РАН, Москва, kovaloka@mail.ru*

³ *Археологический центр Коломны, Московская область, sasha.syr@rambler.ru*

PALEOECOLOGICAL FUNCTIONS OF RAMPARTS OF THE DYAKOV CULTURE (EARLY IRON AGE) IN THE MOSCOW REGION (RUSSIA)

A.A. Golyeva¹, V.Yu. Koval², A.S. Syrovatko³

¹ *Institute of Geography of the Russian Academy of Science, Moscow*

² *Institute of Archaeology RAS, Moscow*

³ *Archaeological centre of Kolomna, Moscow region*

Аннотация.

По единой методике исследованы валы поселений дьяковской культуры (Ранний Железный век, 3-6 вв н.э.), расположенные на юго-востоке Московской области. Выявлено, что валы городищ в РЖВ созданы с использованием значительных объемов бытовых и хозяйственных отходов и содержат стратифицированный материал, которого часто нет на площадках городищ. Обнаружено различие в составе слоев в случае нескольких валов на городище. Показано, что валы городищ дьяковской культуры имели не только оборонительную, но и экологическую функцию, являясь основным местом складирования отходов хозяйствования жителей городищ.

Ключевые слова: Ранний Железный век, валы, Среднее Поочье, палеоэкология.

У 4 городищ дьяковской культуры (Ранний Железный век, 3-6 вв н.э.) изучен состав 5 валов (городище Свиридоново имело 2 вала). Городища (Ростиславль, Свиридоново III, Протопопово и Городищи) расположены в юго-восточной части Московской области. Все объекты изучались по единой методологической схеме, с использованием одного набора методов, что позволяет проводить сравнительный анализ полученных результатов. У ряда городищ результаты исследований, включая профили и палинологические данные, опубликованы [1-3].

В работе использовался комплексный подход, включающий изучение морфологии слоев, их цветности, характера границ непосредственно во время раскопок, а так же проведение химических и микробиоморфных анализов.

Результаты и обсуждения

Ростиславль. Раскоп V, участок «И», восточный профиль Рассмотрено 22 образца. Вся исследованная колонка имеет нейтральную в верхней части и щелочную в нижней реакцию почвенных растворов, что не характерно для природных зональных кислых почв. Распределение содержания органического углерода по колонке типично для органно-минеральных слоев: максимальные количества соответствуют горизонтам и слоям, обогащенным гумусом

(верхние горизонты почв, органические тлены, золистые слои). Наименьшие значения отмечены в самом нижнем горизонте – переходному к почвообразующей породе горизонту почвы.

Распределение валового фосфора в основном коррелирует с таковым для органического углерода, но есть и некоторые отличия. Так, серия прослоев насыпи содержит фосфора больше, чем современная почва, при этом содержание элемента с глубиной возрастает. Можно предположить, что исходная насыпь создавалась за счет материала культурного слоя, т.е. на момент создания этой насыпи, участок уже был длительное время обжитым. Основным вывод, получаемый по данным химических анализов следующий – вал создавался за счет антропогенно преобразованных грунтов – культурных слоев уже существующего на тот момент поселения. Дополнительно к этому, люди использовали известняк, возможно, в виде камней, которые со временем разложились, обогатив нижележащую толщу карбонатами. Для ряда прослоев можно говорить о разложившейся животной органике.

Микробиоморфный анализ. Образцы из различных слоев насыпи вала обогащены детритом, фитолитами, в ряде случаев встречены целые панцири диатомовых водорослей. В фитолитном комплексе в значительных количествах регулярно встречаются, так называемые, дендритные формы – диагносты культурных злаков. Много частиц, характерных для мхов, разнотравья, тростника и хвойных.

Итак, вся толща вала формировалась за счет перемешивания большого количества различной органики, как животной, так и травянистой (сено и солома), генезис ряда слоев, вероятно связан с навозом, и/или сгнившими подстилками для скота. Большое количество диатомовых водорослей возможно, если слой или поливался водой, или же в нем высока доля навоза животных.

Городищи. Практически все образцы характеризуются большим и очень большим количеством валового фосфора. Это свидетельствует о том, что слои созданы из материала КС. Следует отметить, что, в распределении фосфора нет какой-либо закономерности – каждый прослой имеет свой состав, что типично для искусственно создаваемых наносов.

Сходная картина выявлена и для фитолитов – высокое содержание и неравномерность распределения. Есть образцы, где фитолитов очень много,

т.е. в этих прослойках вала, видимо, на временных поверхностях, либо скапливалась трава – силос, компост, либо навоз.

Об искусственном привносе органики свидетельствует и состав фитоолитных комплексов, в частности присутствие в большинстве образцов фитоолитов культурных злаков и тростника – типичных спутников поселенческих ландшафтов в древности.

Протопопово. Рассмотрено 3 образца. Фосфора в целом немного, хотя верхний образец можно однозначно характеризовать как КС. Фитоолитов мало. Но 1 и 3 образцы содержат культурные злаки, что свидетельствует о влиянии человека на формирование толщи.

Таким образом, материал культурного слоя в насыпи есть, но в небольшом объеме.

Свириодново III. Это городище является округой Ростиславля, миниатюрное, но укрепленное двумя валами и двумя рвами. У более высокого внутреннего вала исследовалось 28 образцов, во внешнем – 23 образца. Согласно полученным результатам, насыпь внутреннего вала создавалась за счет материала культурного слоя и минеральных досыпок. Использование навоза, каких-либо подстилок и тому подобного в значимых количествах не выявлено. А внешний вал, скорее всего, создавался практически только из минеральной массы без примесей материала культурного слоя.

Таким образом, результаты исследования обоих валов оказались разными. Итак, внутренний вал содержит материал культурного слоя, а внешний вал, удаленный от городища материал КС не содержит. Это говорит о том, что, по крайней мере, внутренний вал построен позже возникновения поселения, но не исключено, что оба – одновременны, просто линза культурного слоя предшествующего времени не достигала места возведения внешнего вала.

Заключение

Валы всех исследованных городищ (у Свириодново – внутренний вал) состоят из слоев обогащенных валовым фосфором, фитоолитами, во многих есть панцири диатомовых водорослей. Это указывает на то, что слои созданы из разложившегося органического материала. Ряд слоев можно с высокой долей вероятности характеризовать как минерализованный навоз.

Во многих образцах всех насыпей присутствуют фитоолиты культурных злаков. Возможно, эти частицы попали при сгребании окрестных культурных

слоев, могли так же быть привнесены с илом, навозом, как и остальные частицы. Их регулярная встречаемость служит убедительным доказательством, что жители поселения занимались земледелием, начиная с самых первых этапов создания вала, а, возможно, и ранее.

Таким образом, валы городищ дьяковской культуры были мультифункциональными – они имели не только оборонительную, но и экологическую функцию, являясь основным местом складирования отходов хозяйствования жителей городищ. Следует заметить, что в условиях близкого залегания известковых пород у большинства городищ, данный способ утилизации отходов является единственно экологичным.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190169-5(FMGE-2019-0006)

ЛИТЕРАТУРА

1. Сыроватко А.С. Юго-восточное Подмосковье в железном веке: к характеристике локальных вариантов дьяковской культуры. М.: Изд-во ЧеВук, 2009. 351 с.
2. Гольева А.А., Состав и генезис насыпей вала городища раннего железного века на Ростиславле по данным естественных наук //Археология Подмосковья: Материалы научного семинара. 2011. Вып. 7. С. 58-71.
3. Коваль В.Ю. «Ростиславльский курган» (вал городища эпохи раннего железного века на Ростиславле) // Археология Подмосковья: Материалы научного семинара. 2011. Вып. 7. С. 35-57.
4. Коваль В.Ю. Фортификация Ростиславльского городища раннего железного века в контексте памятников дьяковской культуры // Археология Подмосковья: Материалы научного семинара. 2012. Вып. 8. С. 53-69.

S u m m a r y.

In all cases, within the ramparts, there are layers with a high content of total phosphorus and microbionorms (mainly phytoliths and diatoms). This means that these organic matter layers, presumably deriving from manure or household waste were always present in the studied embankments. Consequently, the observed difference of the composition of the embankments is not accidental. Moreover, each rampart has an independent alternation of enriched and depleted organic layers, i.e. there was no single scheme for creating the rampart. Thus, the ramparts of the Iron Age Dyakovo type settlements were multifunctional. They had both fortification and ecological significance, being a place of discharge of mud and manure accumulated at the place of settlement.

**ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ КАК ИСТОЧНИК СВЕДЕНИЙ О
РАННЕМ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ЛАНДШАФТЫ (ПО
МАТЕРИАЛАМ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗ. КАМЫШОВОЕ, ЮВ
ПРИБАЛТИКА)**

О.А. Дружинина¹

¹*РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, olga.alex.druzhinina@gmail.com*

**PALYNOLOGICAL DATA AS A SOURCE OF INFORMATION ON EARLY
ANTHROPOGENIC IMPACT ON LANDSCAPES: RESULTS OF THE
KAMYSHOVOE LAKE (SE BALTICS) STUDY**

О.А. Druzhinina¹

¹*Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg*

Аннотация.

Палинологические исследования донных осадков оз. Камышовое (Виштынецкая возвышенность, юго-восточная Прибалтика) и данные по содержанию микроуглей выявили возможные следы антропогенного влияния на окружающую среду в различные исторические периоды. Результаты исследований показали, что первые признаки антропогенного воздействия на ландшафты - наличие локальных обезлесенных пространств - относятся к мезолиту и, вероятно, связаны с целенаправленным выжиганием лесов. Интенсификация человеческой деятельности заметно возрастает с неолита – периода, когда зафиксировано культивирование злаков в окрестностях озера.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, озерные осадки, палинология, микроугли, археология, Прибалтика.

Проведенное исследование предоставило новые данные о древнейших этапах и типах влияния человека на природную среду юго-восточной Прибалтики. Выделены различные типы антропогенного воздействия на растительность и на ландшафты Виштынецкой возвышенности в древности – сведение (сжигание) лесов, использование земель под пастбища и культивирование растений. Прослежено также увеличение антропогенной нагрузки с течением времени [1, 2].

Палинологические данные показали, что первые признаки антропогенного воздействия на ландшафты относятся к мезолиту и проявляются в наличии локальных обезлесенных участков. Пыльца растений-индикаторов открытых местообитаний и пастбищ, а также *Pteridium* и *Corylus* может свидетельствовать о целенаправленном выжигании лесов для повышения эффективности охоты и мобильности, а также для распространения определенных видов растений. Сопоставление палинологических данных и количественных данных по микроуглям выявило интенсификацию человеческой деятельности, начиная с неолита. По данным оз. Камышовое возделывание культурных злаков в регионе начинается не позднее 3800 л.н.

Среди сельскохозяйственных культур, возделываемых на Виштынецкой возвышенности в железном веке и средневековье, определены *Secale*, *Triticum*, *Hordeum*, *Cannabis*, *Fagopyrum*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00113, <https://rscf.ru/project/22-17-00113>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дружинина О.А. Древнее антропогенное воздействие на ландшафты в свете палинологических данных: результаты исследования озера Камышовое (Виштынецкая возвышенность, юго-восточная Прибалтика) // Общество. Среда. Развитие. – 2022, 3 (64), в печати.
2. Druzhinina O., Stančikaitė M., Gedminienė L., Vaikutienė G., Lavrova N., Kublitsky J., Subetto D. Anthropogenic impact on the landscape of the Vishtynets Upland (Kaliningrad region, SE Baltic) in prehistory and Middle Ages: A multi-proxy palaeoenvironmental study. QI 2022, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.05.016>

S u m m a r y.

Palynological studies of the Kamyshovoe lake bottom sediments (southeastern Baltic) and data on the microcharcoal content revealed possible traces of anthropogenic impact on the environment in different historical periods. The results of the research showed that the first signs of anthropogenic impact on the landscapes - the presence of local deforested spaces - date back to the Mesolithic and are probably associated with purposeful burning of the forests. The intensification of human activity has increased markedly since the Neolithic - a period when the cultivation of cereals was recorded in the vicinity of the lake.

ПОЧВЕННО-АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕДОХРОНОРЯДОВ В СРЕДНЕВЕКОВЫХ КУРГАННЫХ МОГИЛЬНИКАХ НА ТЕРРИТОРИИ ПЛЮССКОГО РАЙОНА ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

И.А. Жарких¹, А.В. Русаков², Е.Р. Михайлова³, В.Ю. Соболев⁴, О.С. Хохлова⁵
^{1,2,3,4}СПбГУ, г. Санкт-Петербург, igor.j88@mail.ru

⁵Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино,
olga_004@rambler.ru

SOIL AND ARCHAEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF PEDOCHROME SERIES IN MEDIEVAL BURIAL MOUNDS ON THE TERRITORY OF THE PLYUSSKY DISTRICT OF THE PSKOV REGION

I.A. Zharkikh¹, A.V. Rusakov², E.R. Mikhailova³, V. Y. Sobolev⁴, O.S. Khokhlova⁵
^{1,2,3,4}Saint Petersburg State University, St. Petersburg

⁵Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science
Sciences of the Russian Academy, Pushchino

Аннотация.

Изучение свойств погребенных почв является важным элементом в оценке динамики природной среды позднего голоцена. Средневековые курганные группы широко распространены на территории Северо-Запада Русской Равнины. Курганные насыпи являются антропогенным фактором погребения дневных почв. Сочетание химических и

физико-химических методов с данными микроскопии позволяет более точно оценить тренд изменения педогенеза после погребения почв. Выявлено различие ряда мезоморфологических и физико-химических параметров между погребенными и фоновыми почвами.

Ключевые слова: погребённые почвы, дерново-подбуры, хроноряды, динамика природной среды, мезоморфология, курганы.

Археологическое почвоведение является активно развивающимся направлением палеогеографической и палеоэкологической реконструкции ландшафтов. Большое внимание уделяется изучению почв масштабных исторических памятников: крепостей, монастырей и окрестностей древних городов [1, 2]. При этом, на территории Северо-Западного региона сосредоточено значительное количество локальных погребальных исторических памятников, представляющих большой интерес для совместного изучения почвоведов и археологов [3]. Важными задачами являются реконструкция возможной схемы сооружения курганов и особенности формирования почв на материале искусственно сооруженных насыпей.

Территория исследования сложена породами водно-ледниковыми отложениями песчаного гранулометрического состава. Данные породы имеют хороший дренаж, что способствует быстрому стоку атмосферной влаги, формированию аэробного режима, окислительных условий и нисходящую миграцию веществ в почвенном профиле [4].

Курганы имеют различную морфологическую конфигурацию. Объекты, описанные в данном исследовании, представляют собой куполообразные насыпи высотой 1,5–2 м. Ключевым методологическим аспектом является изучение почвенных хронорядов. Хроноряд состоит из сопряженной пары: дневная-погребенная почва и почва сформированная на насыпи кургана. В ходе полевых работ было заложено 4 хроноряда «погребенная почва – почва насыпи» и 4 разреза фоновой почвы. При этом, два хроноряда относятся к 9 в. н.э. (курганная группа Которск-12), два других относятся к 11 в. н.э. (курганские группы Которск-4 и Которск-11). Наименование курганных групп приведено в соответствии с археологической нумерацией.

В ходе полевого морфологического описания было выявлено, что почвы насыпи и погребенные почвы представлены дерново-подбурами иллювиально-железистыми со сходными морфологическими параметрами. Фоновые почвы также представлены дерново-подбурами иллювиально-железистыми в соответствии с Классификацией почв России [5].

Почвы характеризуются преимущественно песчаным гранулометрическим составом. Почвообразующие породы являются бескарбонатными. Определение актуальной кислотности для почв хронорядов выявило увеличение значений рН-водн. на единицу во всех погребенных почвах, для примера представлены значения рН-водн. для почв хроноряда Которск-12/Курган-1 (табл. 1). Вероятно, увеличение значения рН связано с высоким содержанием пирогенного угля и золы в материале погребенной почвы.

Таблица 1. Актуальная кислотность фоновой, погребенной и сформированной на насыпи почв

Погребенная почва		рН-водн.
Горизонт	Глубина, см	
AY/Ah	0–8	6,1
BF1	8–20	6,2
BFe	20–42	6,4
BF2	42–63	6,4
BCf	63–78	6,4
2C	78–120	6,5
Почва насыпи		рН-водн.
Горизонт	Глубина, см	
O	0–10	4,8
AO	10–18	4,8
AO/BFe	18–23	5,3
BF	23–44	5,6
BCf	44–80	5,6
Внасыпи	80–117	5,7
Фоновая почва		рН-водн.
Горизонт	Глубина, см	
O	0–4	4,3
AY/Ah	4–7	5,0
BHF	7–13	5,4
BF1	13–21	5,2
BF2	21–39	5,4
BCf1	39–73	5,5
BCf2	73–112	6,8
2C	112–125	6,9

По результатам наблюдений параметров мезоморфологического строения почвенного материала, гумусовый горизонт почв насыпи и фоновых почв насыщен детритным материалом, он содержит большое количество отмытых кварцевых зёрен различной степени окатанности. Встречаются мелкие непрочные агрегаты до 5 мм в диаметре, скрепленные детритным материалом и пронизанные гифами грибов (рис. 1).

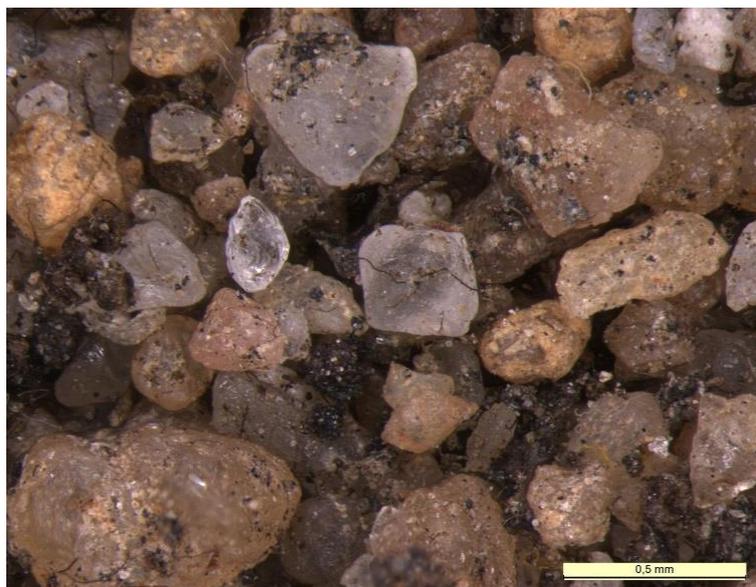


Рис. 1. Частицы детрита и отбеленные кварцевые зёрна в гумусовом горизонте почвы насыпи

Почвенный материал насыпи кургана характеризуется повышенным содержанием пылеватых частиц, формирующим скопления в виде гнезд пылеватого материала на-неровностях поверхностей песчаных зёрен (рис. 2, 3). Визуально, количество пыли возрастает с глубиной. Также, по граням песчаных зерен представлены пятна ожелезнения жёлтого цвета, возможно состоящие из лимонита. Кроме того, материале насыпи встречается большее количество отбеленных кварцевых зёрен, что морфологически проявляется в преобладании белесоватых скоплений в горизонте ВF по сравнению с в погребенной почвой. Вероятно, это происходит ввиду усиления дренажа и более интенсивного вымывания соединений железа в массиве насыпи. Материал фоновой почвы характеризуется скоплением пылеватого материала по граням и неровностям песчаных зерен, наличием железистых пленок и сцементированных железом микроагрегатов. Песок представлен обломками различных минералов, с преобладанием кварца, различной степени окатанности. Бóльшее количество пыли наблюдается именно в почвах насыпи и фоновой почве. Скорее всего, это связано с процессами, происходившими уже после формирования насыпи, которая экранировала погребенную почву.

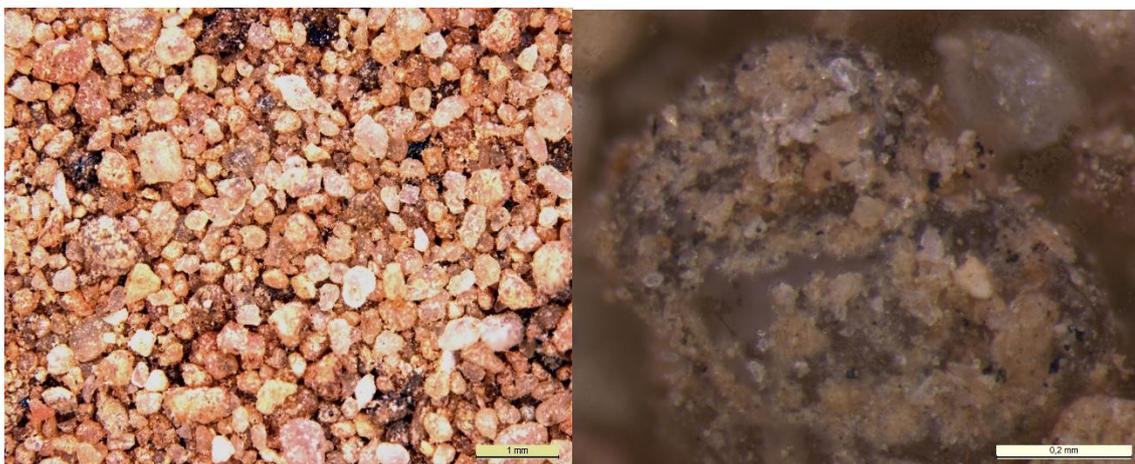


Рис. 2, 3. Скопления пыли на песчаных зёрнах в горизонте ВС почвы насыпи; зерно кварца с гнёздами пылеватого материала в горизонте ВС почвы насыпи

В материале погребенной почвы отмечается наличие пирогенного угля практически по всей глубине профиля (рис. 4). Также уголь отмечен в верхней и самой нижней частях насыпей. По характеру слагающего материала и содержанию угля, нижняя часть насыпи сходна с верхним (гумусовым) горизонтом погребенных почв. Исходя из этого, можно судить, что при возведении данных курганов, прежде всего выжигался участок (о чем свидетельствует обилие углей). А затем происходила постепенная насыпка грунта послойно от краёв площадки к её центру. Таким образом, в верхней части насыпи оказывался материал из более глубоких горизонтов исходной почвы. При этом, за период около 1 тыс лет (время с момента создания курганов) в массиве насыпей с изначально перемешанным материалом сформировались зональные почвы (дерново-подбуры), морфологически сходные с погребенными инситными почвами.



Рис. 4. Частицы пирогенного угля и железистые плёнки

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Александровский А.Л., Кренке Н.А., Нефедов В.С. Исследования почв и отложений под культурным слоем Земляного городища Старой Ладogi // Краеугольный камень. Археология, история, искусство, культура России и сопредельных стран. 80-летию со дня рождения А.Н. Кирпичникова посвящается. Том I. – М.: Ломоносовъ, 2010. – С.43–60.
- 2) Долгих А.В. Почвенно-геохимические исследования культурных отложений Великого Новгорода (Ильменский раскоп) // Российская археология. 2012. № 3. – С. 143–148.
- 3) **Исследования погребальных памятников на западе средневековой Новгородской земли:** Сборник научных статей / отв. ред. Е. Р. Михайлова. – СПб.: Нестор-История, 2010. – 168 с.
- 4) Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. – М., «Наука», 1971.
- 5) Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители [Л.Л. Шишов], В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. - Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

S u m m a r y.

The study of the properties of buried soils is an important aspect of assessing the dynamics of the natural environment in the Late Holocene. Medieval barrow groups are widespread in the North-West of the Russian Plain. Mounds are anthropogenic inflammation of daytime soils. A selection of American and physicochemical methods with statistical data allows a more accurate assessment of changes in the trend of pedogenesis after soil burial. Differences in a number of mesomorphological and physicochemical parameters between buried and background soils were revealed.

Благодарности. Автор выражает благодарность за содействие сотрудникам «Образовательного ресурсного центра микроскопии и микроанализа СПбГУ»; сотрудникам «Лаборатории археологии, исторической социологии и культурного наследия СПбГУ» в частности Е.Р. Михайловой, В.Ю. Соболеву; сотрудникам «Лаборатории физико-химии почв», «Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН», в частности О.С. Хохловой; научному руководителю д.г.н., проф. А.В. Русакову (СПбГУ, ИНЗ).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДВЕЖЬИХ ШКУР НА РУБЕЖЕ 1-ГО И 2-ГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ НАШЕЙ ЭРЫ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДА РУСИ

А.В. Зиновьев

Тверской государственной университет, г. Тверь, zinovev.av@tversu.ru

THE USE OF BEAR SKINS AT THE TURN OF THE 1st AND 2nd MILLENNIUM AD IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

A.V. Zinoviev

Tver State University, Tver

Аннотация.

Торговля мехами и шкурами традиционно играла важную роль на Руси. В этой торговле медвежьи шкуры занимали свое место. На рубеже первого и второго тысячелетий нашей эры они являлись объектом экспорта по так называемому Южному Балтийскому прибрежному торговому пути. Они также использовались для уплаты дани в Золотой Орде. Однако, большинство медвежьих шкур на шло на экспорт. Хотя сохранившиеся медвежьи

шкуры неизвестны из раскопок на территории России, многочисленные когтевые фаланги указывают на их использование внутри страны.

Ключевые слова: средневековье, Русь, медведь, шкуры, торговля, обмен.

Бурый медведь традиционно ассоциируется с Россией, хотя никогда официальным символом ее не был. Славяне считали бурого медведя тотемным животным. Ранние европейские и арабские путешественники сообщали, что бурые медведи на Руси приручались, танцевали, исполняли простые трюки, «просили подаяние». В особенности бурый медведь «прославился» во времена правления Ивана IV Грозного, когда не только использовался для развлечения, но и как средство казни. Средневековые путешественники отмечали многочисленность медведей на Руси. Так, барон фон Герберштейн [1] пишет, что «медведи, толкаемые голодом, выходили из леса и вторгались в деревни, где вламывались в дома; при виде их жители покидали жилища и погибали жалкой смертью от холода [перевод – АЗ]». Со временем подобные сообщения породили миф о России, как стране, в которой бурые медведи ходят по улицам населенных пунктов.

Будучи объектом охоты с доисторических времен, медведь использовался как источник мяса, жира и шкур. Торговля или обмен медвежьими шкурами возник вместе с торговлей пушниной [2]. Далее мы приводим сведения из разных источников об использовании медвежьих шкур на территории современной России (преимущественное в ее Европейской части) на рубеже первого и второго тысячелетий нашей эры.

Письменные свидетельства. Торговля медвежьими шкурами на Руси никогда не рассматривалась в отрыве от пушной торговли. Поэтому скудную информацию о такой торговле можно найти в источниках, посвященных пушнине. По происхождению источники делятся на (1) исламскую литературу (путевые заметки арабских купцов), (2) дипломатические и путевые заметки западных путешественников, а также (3) документы Балтийского морского торгового пути и русские дипломатические документы [3]. К этому могут быть добавлены берестяные грамоты Великого Новгорода. Самыми ранними свидетельствами являются путевые заметки арабских купцов. Они описывают шкуры, поставляемые на рынки в Булгар из Европейской России и северо-запада Сибири (из «сумеречной страны»). Медвежьи шкуры специально не упоминаются, но раскопки, проведенные на территории племени весь, жившего

на берегах озер Ладоги, Онеги и Белого, выявили достаточное количество когтевых фаланг медвежьих скелетов, которые традиционно ассоциируются со шкурами. К концу десятого века нашей эры племя викингов русь стало важным экспортером элитных мехов [3]. Они контролировали два торговых пути: Черное море – Дон – Волга (Булгар и Византия) и Южный Балтийский прибрежный торговый путь (Балтийский рынок). Южный путь начинался в Хедебю или Ольденбурге и заканчивался в Великом Новгороде. Важным промежуточным пунктом выступала Бирка. То, что медвежьи шкуры доставлялись по этому пути мы знаем от короля Альфреда Уэссекского (годы правления 871-899/901), известного также как Альфред Великий. Король англосаксов в конце 9 века писал о своем богатстве «... дань, которую платят финны состоит исключительно из шкур диких животных... Наиболее дорогие объекты ... один медведь, ... накидка из медвежьих шкур [4]. Ибн Руста, персидский путешественник и географ 10 века пишет, что «... русь привозит с собой товары [на рынок в Булгар – АЗ]. Все они [русы - АЗ], которые живут по обеим берегам упомянутой реки [Волги – АЗ] привозят среди товаров шкуры норки, горноста, белки и других животных [5].

В 11 и 12 веках Великий Новгород становится главным экспортером меха в трех направлениях: в Булгар на востоке, Киев – на юге и на Балтийский рынок на западе [3]. О том, что в пушном обмене участвовали и медвежьи шкуры свидетельствуют три берестяные грамоты. Самая ранняя, №722, датируется 1200-1220 годом. Она содержит опись купеческого имущества с его стоимостью: «Денег 12 гривен беличьими шкурками и серебром. Соболь — 4 гривны. На сетях, сукнах и холстах 3 гривны. Медвежья шкура — 2 гривны» [6]. Другая грамота, №65, датируемая 1300-1320 гг., содержит хозяйственные поручения от Матфея к Есифу Давидову: «Поклон от Матвея к Есифу Давидову. Привези (букв.: вывези) мне две медвежьих шкуры да веретища (холщовые пологи) да попоны...» [7]. Наконец, берестяная грамота № 354, датируемая 1340-1360 гг. и представляющая письмо с хозяйственными поручениями посадника Онцифора Лукинича к матери, содержит такое предложение: «Да [еще] пошли два тагана, коракую, клейма, полсти, веретища, мешки и медвежью шкуру» [8]. Упоминание о медвежьей шкуре находим также в работе Плано Карпини, который путешествовал по юго-западу Руси в 1246 году. Он пишет, что «сарацин, посланный ханом Золотой Орды

Гуюком, просил местных людей заплатить дань, в том числе, одной белой медвежьей шкурой» [9].

Зооархеологические свидетельства. Кости медведей немногочисленны в раскопах средневековых отложений Руси [10]. В большинстве случаев мы имеем дело с когтевыми фалангами, косвенно указывающими на присутствие медвежьих шкур (Городище – 1 фаланга, Троицкий 10-11 раскопы – 9 фаланг, Десятинный I раскоп – 1 фаланга). Хотя когтевые фаланги медведей преобладают в отложениях статусных мест (кремли, Рюриково городище, городище Георгий), они встречаются также и за их пределами [10]. Пока нет свидетельств об использовании медвежьих шкур в качестве погребального инвентаря, как это практиковалось в Центральной Европе и Скандинавии с последних веков до нашей эры вплоть до периода христианизации [11-14].

Хотя медвежьи шкуры, несомненно, играли определенную роль в рамках меховой торговли, роль эта была невелика. Комплекс источников показывает, что медвежьи шкуры экспортировались на рубеже 1 и 2 тысячелетий нашей эры по Южному Балтийскому прибрежному морскому пути. В это же время они использовались в качестве товаров при уплате дани в Золотой Орде. Однако, по-видимому, большинство медвежьих шкур не становились объектом экспорта. Они оставались в домах знати, а, подчас, и в домах простых людей в качестве трофеев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Herberstein S. Comentari della Moscovia. Pedrezzano, 1550. 204 p.
2. Косарев М.Ф. О меновой торговле в древних и традиционных обществах (по Урало-Сибирским археолого-этнографическим материалам) // Уральский исторический вестник. 2009. Т. 2. № 23. С. 60-66.
3. Martin J. Treasure of the land of darkness. The fur trade and its significance for medieval Russia. Cambridge University Press, 2004. 288 p.
4. Jones G.A history of Vikings. Oxford University Press, 2001. 504 p.
5. Хвольсон Д.А. Известия о хозарах, бургасах, болгарях, мадьярах, славянах и руссах Абу-Али Ахмеда бен Омар Ибн-Дада, неизвестного доселе арабского писателя начала X века по рукописи Британского музея. Типография Императорской академии наук, 1869. 214 с.
6. Берестяная грамота №722. <http://gramoty.ru/birchbark/document/search/?number=722> [Дата обращения: 15.09.2022].
7. Берестяная грамота №65. <http://gramoty.ru/birchbark/document/search/?number=65> [Дата обращения: 15.09.2022].
8. Берестяная грамота №354. <http://gramoty.ru/birchbark/document/search/?number=354> [Дата обращения: 15.09.2022].
9. Rockhill W.W. The Journey of William of Rubruck to the eastern parts of the world, 1253-55: As narrated by himself with two accounts of the earlier journey of John of Pian de Carpine. Asian Educational Services, 1998. 304 p.

10. Zinoviev A.V. Bearskin trade in the last first/early second millennium AD: what do we know by sources from Russia // Bear and human – facets of a multi-layered relationship from past to recent times with an emphasis on northern Europe. Wachholtz Publishing House, 2023 *in print*.
11. Wamers E. Von Bären und Männern: Berserker, Bärenkämpfer und Bärenführer in frühen Mittelalter // Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters, 2009. Bd. 37. S. 1-46.
12. Grimm O. Bear-skins in northern European burials and some remarks on other bear-related furnishings in the north and middle Europe in the 1st Millennium AD / Grimm O., Schmölcke U. Hunting in northern Europe until 1500 AD. Old traditions and regional developments, continental sources and continental influences. Papers presented at a workshop organized by the Centre of Baltic and Scandinavian Archaeology. Wachholtz, 2013. P. 277-296.
13. Beermann S. Bärenkrallen und Bärenfelle in Brand- und Körpergräbern der vorrömischen Eisenzeit bis Völkerwanderungszeit in Mittel- und Nordeuropa. Verlag Dr. Rudolf Habelt. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 2016. 142 S.
14. Schmölcke U., Gross D., Nikulina E.A. Bears and beavers. 'The Browns' in daily life and spiritual world // Interaction without borders. Exemplary archaeological research at the beginning of the 21st century. Stiftung Schleswig-Holsteinische Landesmuseen, Schloss Gottorf, 2017. P. 901-916.

S u m m a r y.

Fur and skins trade has traditionally played an important role in Russia. In this trade, bearskins had their place. At the turn of the first and second millennia AD, bearskins were exported along the so-called Southern Baltic coastal trade route. They were also used to pay tribute to the Golden Horde. However, most of bearskins were not exported. Although surviving bear skins are unknown from excavations in Russia, numerous claw phalanges indicate their domestic use.

TYPES OF PALYNOTERATICAL RESPONSES OF THE PLANTS REPRODUCTIVE SPHERE TO THE CHERNOBYL ACCIDENT AND NATURAL CLIMATIC EXTREMA OF THE NEANDERTHAL EPOCH

G.M. Levkovskaya¹, N.V. Shamal², G.F. Baryshnikov³, A.N. Bogolyubova⁴

¹*Institute for the Material Culture RAS, Saint Petersburg, Russia*

²*Institute of Radiobiology NAS, Gomel, Belarus*

³*Zoological Institute RAS, Saint Petersburg, Russia*

⁴*L.V. Komarov Botanical Institute RAS*

ТИПЫ ПАЛИНОТЕРАТИЧЕСКИХ ОТВЕТОВ РЕПРОДУКТИВНОЙ СФЕРЫ РАСТЕНИЙ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКУЮ КАТАСТРОФУ И НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЭКСТРЕМУМЫ ЭПОХИ НЕАНДЕРТАЛЬЦЕВ

Г.М. Левковская¹, Н.В. Шамаль², Г.Ф. Барышников³, А.Н. Боголюбова⁴

¹*Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург, Россия*

²*Институт радиобиологии НАС, Гомель, Беларусь*

³*Зоологический Институт РАН, Санкт-Петербург, Россия*

⁴*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

We studied the samples that were collected from three locations of the 30-km Chernobyl exclusion zone on the second year after the nuclear accident, and compared them with the data on the Caucasian Mousterian cave sites Barakayevsakay and Mezmaiskaya. The Chernobyl-type pollen complex is dominated by forms with three co-abnormalities: 1. monstrosity, 2. underdevelopment of different features, including sterility, 3. dramatic size variations. Completely sterile complex was

found in the sample with the highest ^{90}Sr , ^{241}Am , $^{239, 240}\text{Pu}$ contamination. The highest abnormality variations were in the sample with the highest ^{137}Cs contamination. The maximum of identifiable forms were found in the sample from the location partly protected by the forest. The pollen complex typical for the most unfavourable climatic conditions differs from Chernobyl one by domination of two co-abnormalities: dwarfness and underdevelopment, with single malformed palynomorphs.

Keywords: geobotanical crisis, monstrosity, dwarfness, pollen underdevelopment, radioactive contamination, Middle Palaeolithic, Mousterian cave sites, environmental disaster

The basic principles of the palynoteratic differentiation of normal, stressed and catastrophic states of phytocoenosis have been developed [1] based on the statistical data on the proportion of morphologically typical and abnormal pollen and spores. The data has been collected starting 1958, from ecologically clean sediments of different regions from the Southern Arabia to the Taymyr Peninsula, and from the Baltics and Transcarpathia to the Altai, and subfossil pollen – from all West Siberian forest and tundra geobotanical subzones. It was found that the interstadial and interglacial optima (including Holocene interglacial) are dominated by morphologically typical forms. The complexes of the environmental extremes are dominated by palynoterates – morphologically abnormal forms. It indicates the depressed state of the reproductive sphere in most of plants of the territory, i.e. geobotanical stresses [1]. The obtained statistical results have shown that for the reconstruction of geobotanical stresses and optima it is necessary:

1. to calculate the proportion of the sums of morphologically typical and abnormal forms of all taxa;

2. within the atypical forms, differentiate the sums of the palynomorphs of all taxa with the following environmentally significant abnormalities: **A.** underdevelopment of the features; **B.** dwarfness; **C.** abnormality of the form; **D.** forms underdeveloped and dwarf simultaneously; **E.** forms underdeveloped, dwarf and monstrous simultaneously.

Mezmaiskaya cave site. The natural complexes with one pathology (domination of dwarf pollen) are typical for mild geobotanical crises. It is illustrated by the palynoteratic complex (fig. 1) from Mezmaiskaya cave site (the North-West Caucasus) located in the modern coniferous forest belt with domination of fir. By palaeozoological data of G.F. Baryshnikov for the layer with Neanderthal child remains, the co-domination of subalpine meadows, prairies and steppe communities was reconstructed [2]. According to pollen data, the conditions similar to modern subalpine belt of the Caucasian regions with continental type of climate was reconstructed.

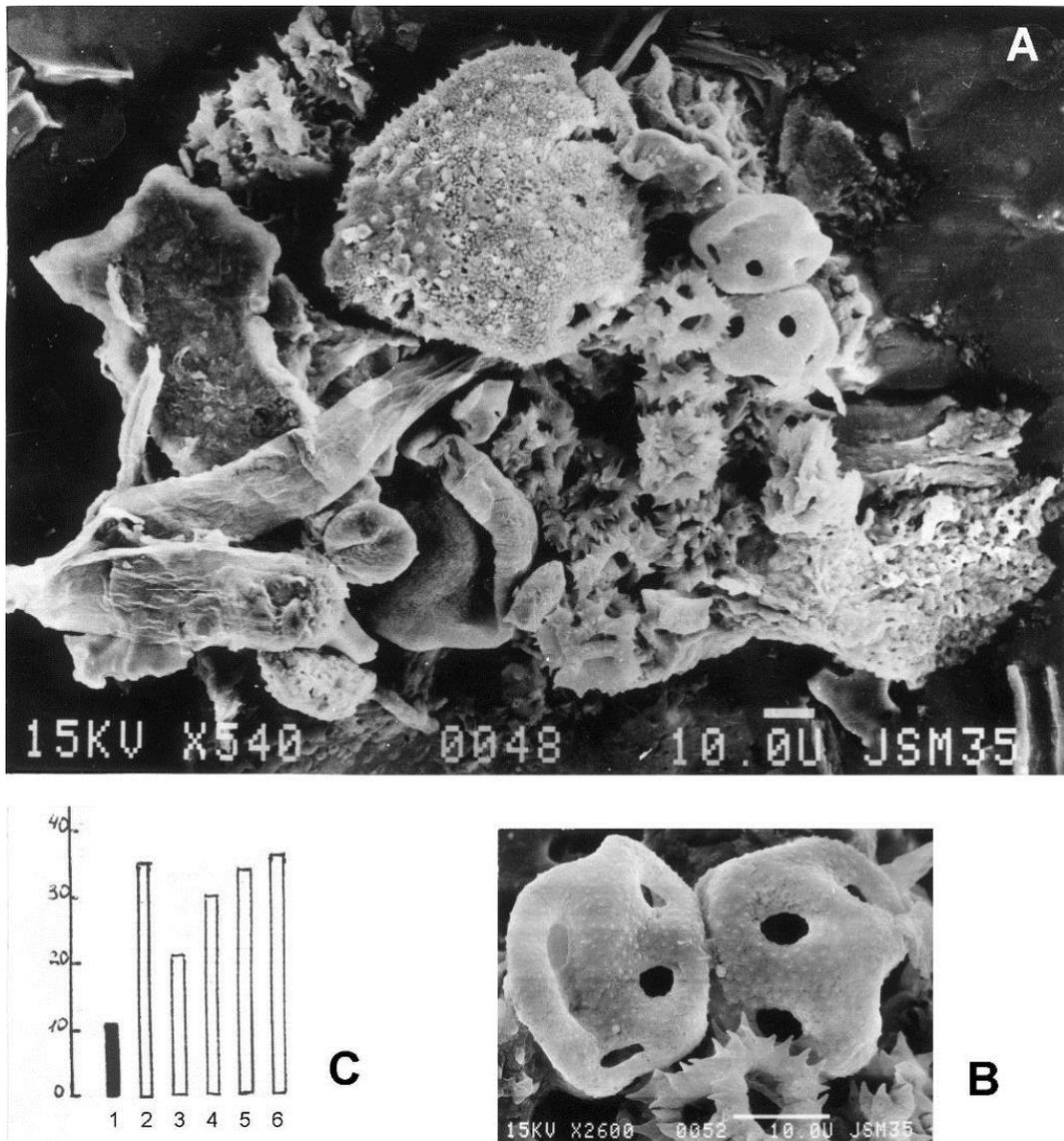


Fig. 1. Palynoteratical complex with domination of dwarf pollen. Mezmaiskaya cave site (North-West Caucasus). Excavations of L. Golovanova [2]. Palynologist G.M. Levkovskaya [1]. A – SEM x 540. Conglomerate of dwarf pollen grains of cf. *Sonchus* and normal morphology pollen of *Chenopodiaceae* and *Knautia* sp.; B – SEM x2600. Pollen of *Chenopodiaceae*, cf. *Sonchus*; C. – comparison of the sizes of the largest fossil cf. *Sonchus* pollen (10 mkm) and the smallest pollen (20-35 mkm) among the recent 315 *Sonchus* L. species studied by R.K. Askerova in 1987: 1 – fossil cf. *Sonchus*; 2-6 – recent taxa: 2 – *S. oleraceus* L., 3 – *S. aquatilis* (Pourr.) Nyman., 4 – *S. asper* (L.) Hill, 5 – *S. palustris* L., 6 – *S. maritimus* L.

Barakayevskaya cave site. The natural pollen complexes with two co-abnormalities (domination of the dwarf + underdeveloped forms) are typical for the most unfavourable climatic conditions, like in the modern alpine belt (fig. 2). Barakayevskaya cave is situated now in the broadleaf forest belt. For the layer with a Neanderthal child mandible very cold climatic conditions were reconstructed. The frost desquamation of the cave roof was found and co-domination of alpine and steppe elements in the palaeozoological complex was reconstructed by G.F.

Baryshnikov [3, p. 69-75]. By palynological data [3, p. 77-82], due the temperature deficit, the complex was formed at the upper limit of the flowering plants. Such type of complex dominated by dwarf underdeveloped forms was first described by E.N. Ananova [4] from the moraine deposits.

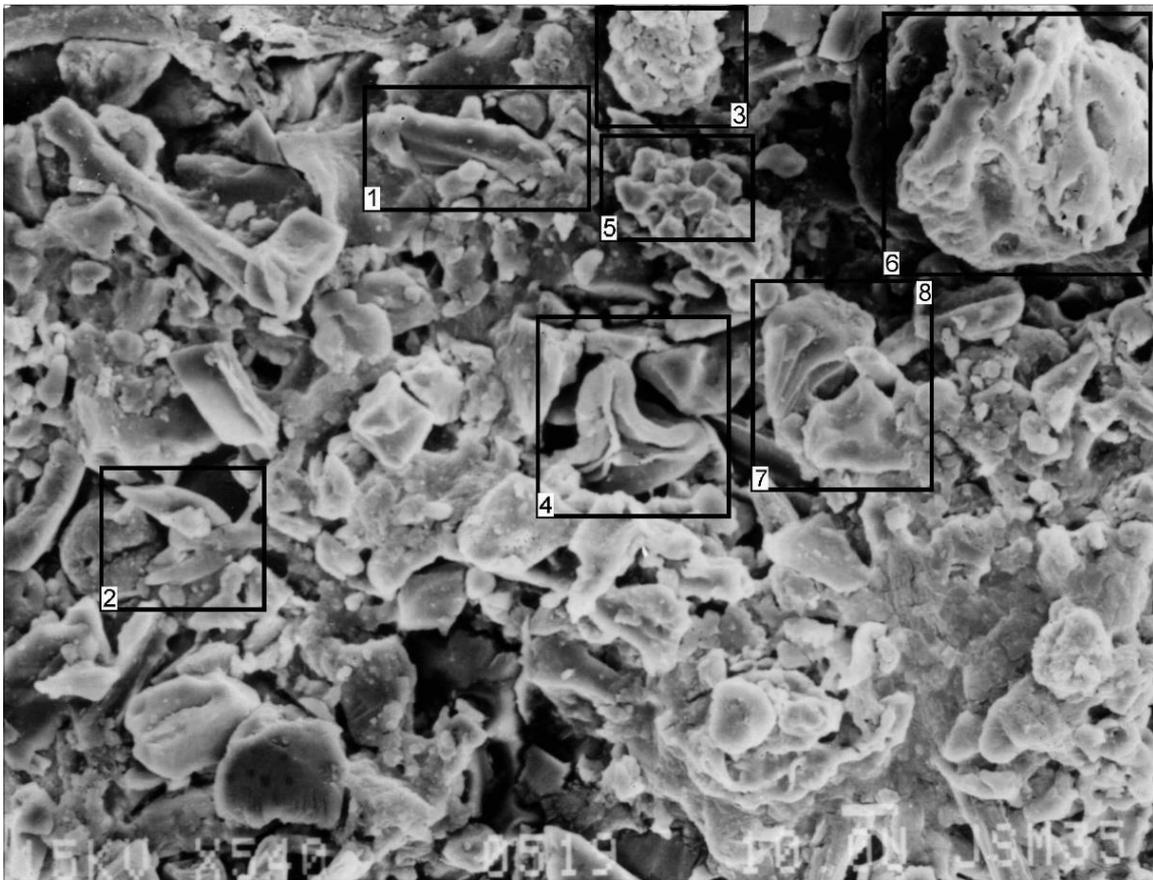


Figure 2. Palynoteral complex with co-dominance of two ecologically important abnormalities of each form: underdevelopment + dwarfness. Barakaevskaya Cave site (North-West Caucasus). Excavations by V.P. Lubin [3]. Palynologist G.M. Levkovskaya. SEM x 540. The complex looks like a “cemetery” of mostly unidentified dwarf (10–25 mkm) immature pollen grains of different taxa that are very thin, with no protoplast and sculpture. It is possible to identify only single forms: 1-8: see: [1].

Chernobyl-type complexes. The criteria developed for the complexes of the Neanderthal epoch were used in the studies of Chernobyl materials [1]. The samples were collected in 1988 near villages Kryuki (fig. 3), Masany (fig. 4) and Lesok, at a distance of 16, 12 and 22 km from the Chernobyl nuclear power plant, respectively. The locations are characterized by exposure rates up to 2200 mR/hr, and different levels of the radioactive contamination up to: ^{90}Sr – 14000, ^{137}Cs – 270000, ^{241}Am – 150, and $^{239,240}\text{Pu}$ – 99 Bq/kg (measuring units as of 1988). Their half-life is 28.8, 30.17, 433.2, 24360 years, respectively.

Contrary to the natural complexes (fig 1, 2) in the Chernobyl complexes (fig. 3, 4) non-abortive pollen almost disappears. Such complexes are characterized by three types of abnormalities and significant deviations of each morphological feature from the norm: 1. deformity transforms to monstrosity; 2. partial development or underdevelopment of most features, including protoplast; 3. size varies from dwarf to giant. Under radioactive pollution, there are diverse deviations of many features due to the mutagenesis.

The dependence of Chernobyl pollen complexes on the local pollutant concentrations was determined. The largest number of the identified pollen grains was observed in a sample obtained under the forest canopy. The sample with the highest level of ^{137}Cs contamination is characterized by the maximum of monstrous forms (fig 3), and with the highest $^{239,240}\text{Pu}$ contamination – by the underdevelopment of the most of morphological features, except of thick exina (fig. 4).

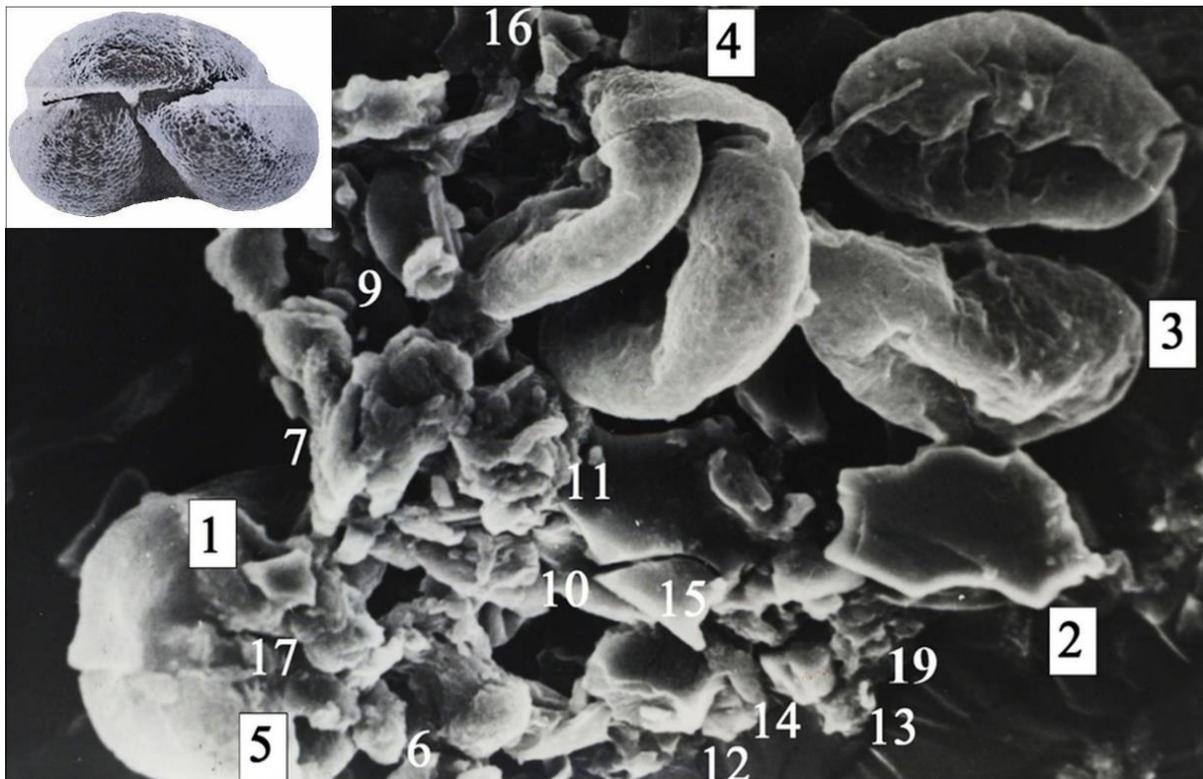


Fig. 3. The variant of palynoteratical complex with three co-abnormalities in each palynomorph (monstrosity + underdevelopment + dwarfness) with dominance of the monstrosity. Village Kryuki, 16 km from Chernobyl NPP. SEM x540 [1]. Exposure rate – 2200 mR/hr; ^{90}Sr : 4500; ^{241}Am : 81; $^{239,240}\text{Pu}$: 48, and maximum of ^{137}Cs : 270 000; Bq/kg. Identified forms: 3, 4 – *Pinaceae*; 13 – *Alnus* (ultra-dwarf).

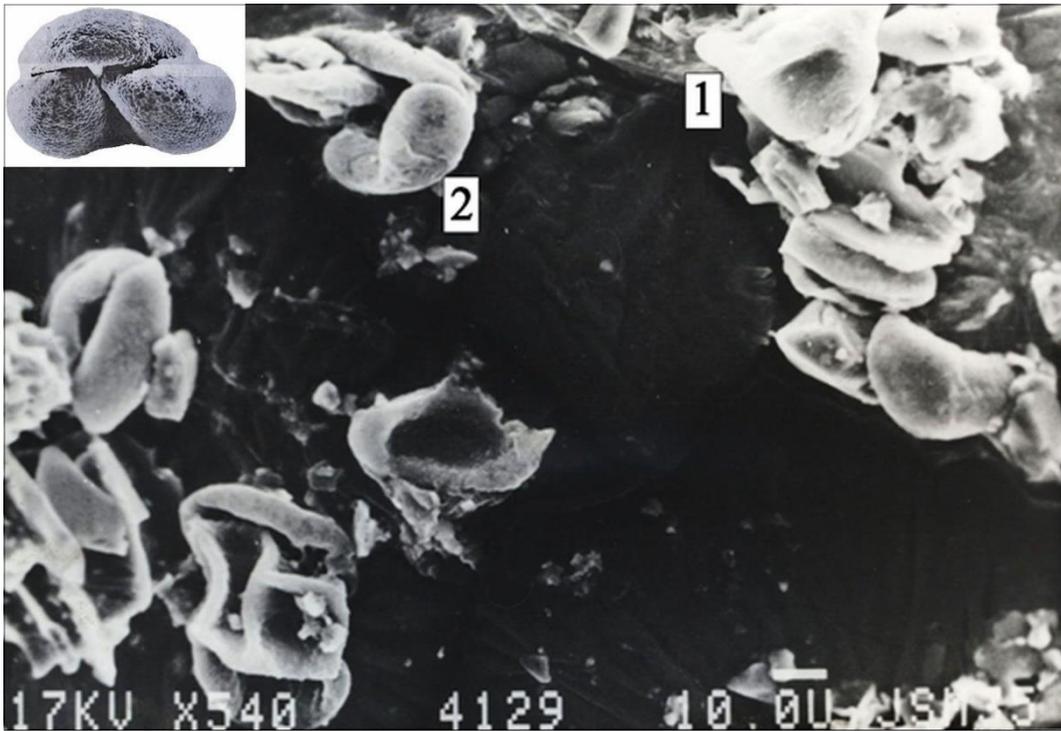


Fig. 4. The variant of palynoteratical complex with three co-abnormalities in each palynomorph (monstrosity + underdevelopment of most features + dwarfness) with dominance of undevelopment of most features. Masany, 12 km from Chernobyl NPP. SEM x540 [1]. Exposure rate – 530 mR/hr.; ^{137}Cs : 52000 and maxima of ^{90}Sr : 14000; ^{241}Am : 150; $^{239, 240}\text{Pu}$: 99 Bq/kg. Identified forms: 1, 2 – *Pinaceae*. The complex of a “cemetery” of “empty” forms with thick exina, inside of which most morphological features are not developed.

Contrary to the Chernobyl complex, the natural palynoteratic complexes have few defective forms. They are characterized by the domination of playnomorphs with one or two ecologically significant abnormalities in one grain: dwarf, or underdeveloped + dwarf.

Both natural catastrophic and Chernobyl-type palynoteratic complexes look like “cemeteries” of the contours of mostly unidentified pollen grains due to their underdevelopment.

The study suggests that both complexes of the most severe environmental extremes and radiation Chernobyl disaster origin are characterized by almost complete disappearance of morphologically typical and mature pollen grains and spores, domination of unidentified forms, most of which are sterile.

Especially extreme effect on the generative sphere of plants was observed in the complex of empty contours (fig. 4) in the sample with simultaneously maximum contamination with ^{90}Sr , ^{241}Am , $^{239, 240}\text{Pu}$ (рис. 4). Plutonium is one of the most toxic agents, as only $5 \cdot 10^{-6}$ g of civil plutonium (^{239}Pu), when inhaled, it gives rise to cancer. Some traces of the Chernobyl catastrophe were found at the Taymyr

Peninsula. Very long (24360 years) half-life of ^{239}Pu makes it the source of prolonged cause of geobotanical catastrophe on the large territories, if released to atmosphere.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левковская Г.М., Каспаров А.К., Боголюбова А.Н. Дифференциация геоботанических оптимумов и кризисов пошлого и настоящего на основе палинотератной статистики // Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XV Всероссийской палинологической конференции. / Отв. ред. Н.С. Болиховская. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, ГЕОС, 2022. – С. 201-205. https://doi.org/10.54896/9785891188532_2022_41
2. Golovanova L., Hoffecker J., Nesmeyanov S., Levkovskaya G., Kharitonov V., Romanova G., Svejenceve I. Site du Micoque Est européen du Caucase de Nord (résultats préliminaires des études de la grotte Mezmaiskaya, les fouilles des années 1987–1993) // L'Anthropologie. 1998. V. 102. N. 1. P. 45-66.
3. Неандертальцы Гупсского ущелья на Северном Кавказе. / Отв. ред. В.П. Любин. Майкоп: Меоты. 1994. 238 с.
4. Ананова Е.А. О недоразвитой пыльце в ледниковых отложениях // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. М.: Наука, 1966. С. 18-22.
5. Григорьев А. А. Экологические уроки исторического прошлого и современности. Л.: Наука, 1991. 246 с.

Аннотация.

Исследованы пробы из 30-км зоны ЧАЭС, отобранные на второй год после аварии, и пробы из мустьерских пещерных стоянок Баракаевская и Мезмайская (Кавказ). В чернобыльском палинокомплексе доминируют формы одновременно с тремя патологиями: 1. монстровидная уродливость; 2. неразвитость большинства признаков, в том числе стерильность форм; 3. сильная вариабельность размеров. В природных комплексах эпохи неандертальцев – две, так как в них мало уродливой пыльцы, или одна (карликовость) патология, и каждая из них менее четко выражена. Максимальное загрязнение одновременно ^{90}Sr , ^{241}Am , $^{239,240}\text{Pu}$ приводит к полной стерильности форм, а ^{137}Cs – к появлению максимума уродливой пыльцы. Заметное количество определимых форм выявлено в пробе из-под полога леса.

Ключевые слова: геоботанический кризис, чудовищность, карликовость, недостаточное развитие пыльцы, радиоактивное загрязнение, Средний палеолит, экологическая катастрофа

The authors would like express gratitude to the deceased colleagues from Belarus V.P. Macko, I.I. Skvernyuk for the collection of the Chernobyl samples and L.A. Kartseva from L.V. Komarov Botanical Institute RAS for her assistance in SEM studies.

РАННИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСА НА МЕСТЕ БЫВШИХ ПАШЕН В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.М. Мирин, А.В. Русаков, Ю.В. Симонова, А.Г. Рюмин
СПбГУ, г. Санкт-Петербург, d.mirin@spbu.ru

EARLY STAGES OF AFFORESTATION ON FORMER ARABLE LAND IN YAROSLAVL' REGION

D.M. Mirin, A.V. Rusakov, Y.V. Simonova, A.G. Ryumin
Saint-Petersburg State University, St. Petersburg

Аннотация.

Формирование лесов на залежах юга таежной зоны до сих пор имеет недостаточный объем и количественные характеристики. Описаны и датированы растительные сообщества на залежах в Ярославской области с давностью забрасывания пашни до 34 лет. Отмечено 14 видов деревьев, из которых 4 вида могут иметь высокое обилие. Отмечены единичные случаи активного возобновления ели с ранних стадий зарастания залежей. Максимальная частота доминирования среди древесных пород на залежах выявлена для ивы козьей *Salix caprea* немного меньше у серой ольхи *Alnus incana* и березы бородавчатой *Betula pendula*. Все описанные леса являются олуговелыми, примерно в 10% сообществ, все из которых имеют возраст самых старших деревьев не менее 20 лет, повышено участие нитрофилов в травостое.

Ключевые слова: заброшенная пашня, древостой, ивняк, березняк, сероольшаник, тайга.

После прекращения распашки в таежной зоне на водоразделах происходит восстановление лесной растительности. На настоящий момент накоплено много данных о лесообразующих породах, формирующих леса на залежах, специфических типах лесных сообществ, показывающих недавнее сельскохозяйственное использование территории. Преобладают данные по зонам широколиственных и хвойно-широколиственных лесов. Для таежной зоны на месте бывших пашен обычно отмечают сероольшаники и березняки. Данные по участию других древесных пород в этих местообитаниях малочисленны. Очень мало информации по времени зарастания в разных условиях.

Нами в 2019-2021 годах обследованы залежи в Пошехонском, Брейтовском, Угличском, Ростовском и Переславском районах Ярославской области. В 1986-1989 годах на этих точках были выполнены описания почв действующих пашен. Давность зарастания определена по максимальному возрасту древесных растений в пределах бывшего поля. Возраст деревьев определен с помощью возрастного бура Пресслера, при небольшой давности зарастания и малых размерах деревьев возраст подсчитывался по приростам, видимым на главном стволе дерева. На 32 точках выполнены полные

геоботанические описания и описания почв. Растительность в северных районах Ярославской области (Пошехонском и Брейтовском) несколько отличалась от более южных районов, поэтому ряд анализов для них выполнен отдельно.

Всего на залежах до 34-летнего возраста было зарегистрировано 14 видов деревьев: береза пушистая *Betula pubescens* Ehrh., береза бородавчатая *Betula pendula* Roth, ольха серая *Alnus incana* (L.) Moench, ольха черная *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., ива козья *Salix caprea* L., ива ломкая *Salix euxina* I.V. Belyaeva, осина *Populus tremula* L., ель европейская *Picea abies* (L.) H. Karst., сосна *Pinus sylvestris* L., дуб *Quercus robur* L., рябина *Sorbus aucuparia* L., черемуха *Padus avium* Mill., яблоня *Malus domestica* (Suckow) Borkh., клен *Acer platanoides* L. Коренная порода тайги ель в двух случаях оказалась одним из наиболее обильных древесных видов в сообществе – при давности зарастания 32 и 34 года в Пошехонском районе и большем возрасте и размерах березы бородавчатой на одном участке и ивы козьей на другом участке. В обоих случаях древесный ярус был низким (4–10 м), ель возобновлялась активно и можно ожидать формирования ельника за одно поколение деревьев с коротким периодом (40–60 лет) смешанного мелколиственно-елового леса. В абсолютном большинстве случаев на бывших пашнях идет формирование лесов из вторичных пород. Частота доминирования на обследованных залежах уменьшается в следующем порядке: ива козья – ольха серая – береза (здесь учтены оба вида, но береза бородавчатая доминирует гораздо чаще, чем пушистая). Высокого обилия других древесных пород, включая широколиственных пород в самых южных районах, не отмечено. Интересно, что сообщества с содоминированием ивы козьей (ивняки, иво-березняки, иво-сероольшаники) слабо описаны в литературе. Все сообщества с содоминированием ивы козьей являются молодняками (давность забрасывания пашни от 12 до 34 лет, высота ивы не превышает 9 м). В сообществах с давностью прекращения распашки 10-20 лет ива козья часто является самой высокой древесной породой, но позднее уступает по высоте серой ольхе (в 20-30-летних сообществах они часто имеют примерно одинаковую высоту) и березе (к 30 годам она возвышается над всеми остальными видами деревьев). Там, где формируется сероольшаник, развитие лесного сообщества идет чуть быстрее. Хотя сероольшановые молодняки моложе

15 лет не описаны, но в районе 30 лет уже наблюдается явный переход от молодняков к взрослым лесам с высотой древостоя больше 10 м и его относительно высокой сомкнутостью (выше 0,6). Четыре из шести описанных березняков имели низкую сомкнутость с максимальной высотой 17 м в 34-летнем постагрогенном сообществе. Два березняка имели сомкнутость не менее 0,7, в их древостое была велика примесь других пород.

Почти все сообщества с древесным ярусом имели типичный луговой травостой. Лесные виды в них присутствовали единично, в основном при давности забрасывания пашни 30 лет и больше. Немного отличались по травостою три сообщества: сероольхово-березняк и сероольхово-иво-березняк (оба около 30 лет) имели пониженное общее покрытие трав и повышенное участие нитрофильных видов; 20-летний сероольшаник на более влажных почвах имел резко пониженное участие злаков и повышенное участие нитрофилов и сныти в травостое.

S u m m a r y.

The formation of forests on fallows in the south of the taiga zone still has an insufficient volume and quantitative characteristics. Plant communities on fallow lands in the Yaroslavl region are described and dated. Age of the arable land abandonment is up to 34 years. 14 species of trees were noted, 4 species may have a high abundance. Rare cases of active renewal of spruce since the early stages of overgrowing of fallows were noted. The maximum frequency of dominance among tree species on fallows was found for *Salix caprea*, slightly less for *Alnus incana* and *Betula pendula*. All described forests are meadow-covered, approximately in 10% of communities, all of which have an age of the oldest trees of at least 20 years, the participation of nitrophils in the herb layer is increased.

«ТОРОПЕЦКИЕ ХОЛМЫ» В КОНТЕКСТЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КОНЦА ГОЛОЦЕНА

М.Б. Носова

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва, mashanosova@mail.ru

«TOROPETS HILLS» IN THE CONTEXT OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF LATE HOLOCENE VEGETATION

M.B. Nosova

Main Botanical Garden RAS, Moscow

Аннотация.

В статье обсуждаются результаты палинологического анализа торфяной залежи в окрестностях озера Ручейского (Торопецкий район Тверской области). Рассмотрены местные особенности антропогенной трансформации растительности за последние 4300 лет, показана синхронность основных этапов трансформации с другими разрезами зоны хвойно-

широколиственных лесов, отмечено отсутствие признаков хозяйственной деятельности в Бронзовом и Раннем железном веке.

Ключевые слова: голоцен, пыльца, антропогенные индикаторы, динамика растительности, Торопец

Динамика растительного покрова Европейской части России в голоцене давно является предметом внимания палеоэкологов. В кон. XX — нач. XXI вв. с развитием радиоуглеродного датирования появилась возможность осуществлять корреляции климатических, ландшафтных и антропогенных изменений в масштабах региональных и шире — в пределах природных зон [1, 2, 3]. Однако, учитывая относительно невысокую «плотность» исследованных в Европейской части России голоценовых разрезов, каждое частное исследование важно с точки зрения подтверждения или коррекции имеющихся обобщений, а также создания новых.

Регион Двинско-Ловатского междуречья в последние два десятилетия является объектом внимания археологов [4, 5] и палеоэкологов [6, 7]. Тем не менее, остается ряд открытых вопросов: о времени появления производящего хозяйства на территории лесной зоны, о влиянии на растительность колебаний антропогенной активности в течение последнего тысячелетия и другие [8]. Корреляция нескольких подробно датированных палинологических диаграмм из зоны хвойно-широколиственных лесов в пределах Смоленской, Тверской и Московской областей [3], показала, что антропогенная трансформация растительности происходила поступательно в несколько этапов, которые приблизительно датируются 4500-4000, 2800-2500, 1700-1300, 1200-800 и 400-100 кал. л.н.

Данное исследование имело в своей основе интерес археологов к динамике природной среды в окрестностях озера Ручейского (Торопецкий район Тверской области). Озеро расположенного в Двинско-Ловатском междуречье, на Торопецком поднятии Осташковской моренной гряды, получившем название «Торопецкие холмы» [9]. Согласно археологическим разведкам [5] и устным сообщениям В.М. Воробьева и К. Попова, в ближайших окрестностях озера присутствуют археологические памятники Неолита (?), конца Железного века (два городища V-VII вв. н.э.) и древнерусского периода (селища и курганные могильники VIII - нач. XI вв н.э.), а с конца XIV-XV вв. — деревни на водоразделе. Помимо собственно реконструкции природной среды в течение позднего голоцена, одной из задач исследования была индикация антропогенного

воздействия в «молчашие» археологические периоды — Бронзовый век и XI-XIII вв.

Нами было проведено палинологическое исследование торфяной залежи болота Косилово, расположенного в верхней части песчаной гряды между д. Косилово и озером Ручейским, приблизительно в 100 м от городища V-VII вв. н.э. Косилово-1. При бурении вскрыта залежь глубиной 2,85 м и отобраны 66 образцов с интервалом 3-5 см для проведения палинологического анализа. Из пяти радиоуглеродных датировок доступны и использованы для реконструкции три верхних (IGAN 8450 = 550 кал. л.н., IGAN 8451 = 2600 кал. л.н., IGAN 8777 = 4277 кал. л.н.).

Результаты анализа, представленные на диаграмме (рис. 1), позволяют, несмотря на недатированное дно залежи, предположить, что возраст отложений составляет не менее 8-9 тыс. лет. В нижней части диаграммы мы наблюдаем отражение ранних стадий формирования залежи, выразившиеся в высоком содержании пыльцы *Betula*, *Syringaceae*, *Poaceae* и спор *Polypodiales*. Выше можно видеть пиковые содержания широколиственных пород, вероятно, как отражение термического оптимума голоцена и суббореального термического максимума, который на северо-западе Европейской части России сопровождается столь же высокими значениями пыльцы широколиственных [10]. Для отложений выше датировки 4277 кал. л.н. построена возрастная модель.

Около 4300-4200 л.н. (зона 1) происходит значительный подъем пыльцы *Picea*, снижение участия широколиственных, а также продолжительный минимум пыльцы трав, заканчивающийся лишь около 2000 л.н. Это время господства на территории хвойно-широколиственных, и, видимо, почти не нарушенных лесов. Пыльца культивируемых растений впервые появляется 1500 л.н., однако косвенные признаки антропогенного воздействия в виде совокупности относительных индикаторов — пыльцы сорных и нитрофильных растений, появляются чуть раньше, около 2300 л.н. (зона 2). В это же время происходит значительное снижение участия широколиственных в противофазе с *Picea* и *Pinus*, что может иметь как климатическую, так и антропогенную причину. Выше, около 1500 л.н., одновременно с появлением первых культурных злаков и началом постепенного роста суммы пыльцы трав, возрастает участие пыльцы *Pinus* и *Betula* с максимумом 1000-800 л.н. (зона 3), и одновременно происходит резкое снижение *Alnus* с минимумом тогда же, то есть явление *Alnus decline* описанное

неоднократно [11,12] и, по всей вероятности, имеющее антропогенную причину. М. Latałowa [12] называет это явление хроностратиграфическим маркером времени 1000-800 л.н. для Североевропейской равнины, а наши данные показывают, что оно актуально и для Северо-Запада Европейской части России. В это же время (Древнерусский период) происходит массовое сведение лесов - уменьшение участия ели и широколиственных пород наблюдается 1000-800 л.н., синхронно с пиком трилетних спор *Pteridium*. Около 600 л.н. можно видеть резкий пик пыльцы *Pinus*, видимо, как результат временного восстановления лесов по залежам на преобладающих здесь песчаных почвах. Около 500 л.н. (зона 4) на диаграмме заметно резкое увеличение участия всех антропогенных индикаторов. Ландшафт становится максимально открытым, леса приобретают вторичный облик. Верхняя часть диаграммы (зона 5) показывает переход от максимального освоения земли в XVII - нач. XX вв. к забрасыванию сельскохозяйственных земель в 20 веке.

Таким образом, можно констатировать отсутствие данных о производящем хозяйстве в Бронзовом и Раннем Железном веке. Появление его первых признаков синхронно существованию городища Косилово-1 в V-VII вв. н.э. Наиболее быстрое сведение лесов происходило 1000+/-100 л.н. - во время существования древнерусских селищ по берегам озера в VIII-X вв. н.э., а датировать начало периода максимального освоения территории возможно рубежом Средневековья и Нового времени, 500 л.н. Последние два этапа синхронны почти повсеместно в зоне хвойно-широколиственных лесов Центра и Северо-Запада Европейской части России [3].

9. Калмыкова В.Г. Рельеф Калининской области // Природа и хозяйство калининской области. Калинин, Изд-во КГПИ, 1960. С. 109-110.
10. Nosova M.B., Novenko E.Y., Severova E.E., Volkova O.A. Vegetation and climate changes within and around the Polistovo-Lovatskaya mire system (Pskov Oblast, north-western Russia) during the past 10,500 years // Vegetation history and archaeobotany. 2019. V. 28. No 2. P. 123-140.
11. Sarmaja-Korjonen K. Contemporaneous *Alnus* decline and the beginning of Iron Age cultivation in pollen stratigraphies from southern Finland // Vegetation History and Archaeobotany. 2003. V. 12. No 1. P. 49-59.
12. Latałowa M., Święta-Musznicka J., Słowiński M., Pędziszewska A., Noryskiewicz A. M., Zimny M., ... & Seppä H. Abrupt *Alnus* population decline at the end of the first millennium CE in Europe – The event ecology, possible causes and implications // The Holocene. 2019. V. 29. No.8. 1335-1349.

S u m m a r y.

The results of palynological analysis of peat core Kosilovo (surroundings of lake Rucheiskoye, Toropets District, Tver Region, Russia) are presented. We describe and discuss the local features of anthropogenic transformation of vegetation during the last 4300 years. The synchronism of human-caused vegetation changes in this core with other pollen sequences from the mixed forests zone of European Russia was established. The exception is the absence of obvious signs of economic activity in the Bronze and Early Iron Ages.

РЕКОНСТРУКЦИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ДРЕВНИХ ЛЮДЕЙ В ДОЛИНЕ РЕКИ КАМЧАТКА ПО МАТЕРИАЛАМ АРХЕОЛОГО-ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.Е. Пименов¹, Е.Г. Ершова¹, Н.А. Кренке²

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, v-pimenov01@inbox.ru

² Институт археологии РАН, г. Москва, nkrenke@mail.ru

HABITAT OF ANCIENT PEOPLE IN THE KAMCHATKA RIVER BASIN: RECONSTRUCTION BASED ON ARCHEOLOGICAL AND PALYNOLOGICAL DATA

V.E. Pimenov¹, E.G. Ershova¹, N.A. Krenke²

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow

² Institute of Archaeology Russian Academy of Sciences, Moscow

Аннотация.

С помощью метода спорово-пыльцевого анализа (СПА) изучены четыре почвенных разреза на территории археологических стоянок разного возраста в долине реки Камчатка. На основании антракологичексих данных и результатов СПА зафиксирован локальный период высокой пожарной активности 12 тысяч лет назад (стоянка Ушки-I/IV). Определены факторы, оказывающие наибольший вклад в формирование локальной растительности в течение голоцена на исследуемых территориях. Выявлены максимумы таксономического разнообразия травяных сообществ в нижнем течении реки, ассоциированные с периодами заселения. Согласно пыльцевым данным самая активная фаза заселения (Ительменские «усадыбы») началась до выпадения пепла вулкана Шивелуча 500 14С, т.е. не позднее XV века, что согласуется с археологическими исследованиями.

Ключевые слова: Камчатка, спорово-пыльцевой анализ, тефрохронология, реконструкция растительности, древние поселения.

Полуостров Камчатка является уникальным местом для реализации крупных междисциплинарных исследовательских проектов, включающих в себя изучение палеоэкологии, археологии и тефрохронологии. Несмотря на ряд работ по истории развития растительности, мало комплексных исследований, объединяющих климатические данные, историю заселения и вулканическую активность на территории полуострова. Цель работы - реконструировать растительность долины реки Камчатка в течение голоцена, связать полученные данные с результатами археологических раскопок и тефрохронологическими исследованиями.

Территория исследования (рис. 1) включает в себя три объекта, это археологические памятники голоценового и позднеплейстоценового возраста: Ушки-I/IV, Усть-Камчатск-55 (Ажабачья-8), Накша-4. Стоянки Ушковской группы представляют интерес для изучения среды обитания древних людей, это одно из самых ранних (примерный возраст 12 ка ВР), хорошо датированных позднеледниковых поселений человека в Западной Берингии [1]. Остальные объекты изучения относятся к культуре позднего каменного века (2 ка ВР). Они содержат несколько культурных слоев и имеют ряд общих черт. Все объекты расположены в зоне повышенной вулканической активности.

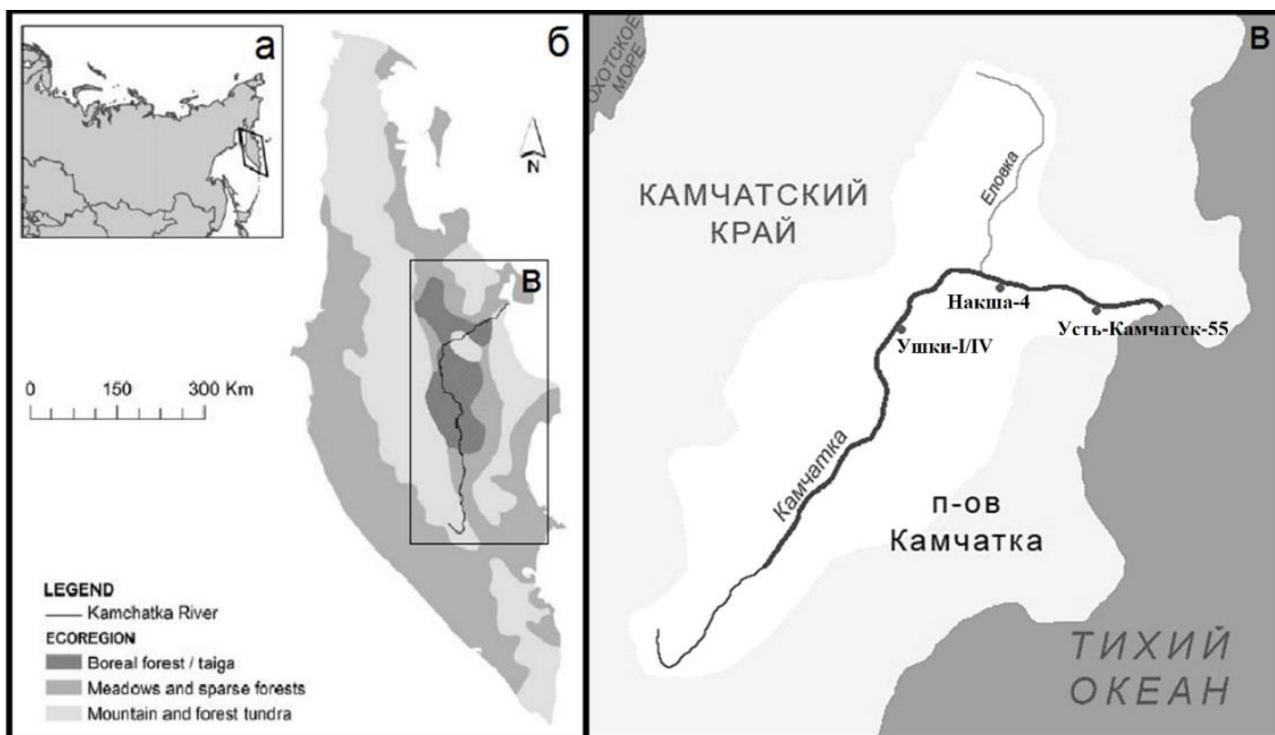


Рис. 1. Полуостров Камчатка, долина реки Камчатка, район исследования; а, б – полуостров на карте России, по [2], с изменениями; в – территория исследования в долине реки Камчатка, автор А.В. Сафронов (с изменениями).

В ходе работы был выполнен спорово-пыльцевой анализ (СПА) четырех почвенных разрезов, образцы из которых были отобраны в ходе экспедиций ИА РАН, ГИН РАН, ИПЭЭ РАН в 2018-2019 г.г. СПА проводился по стандартной методике с использованием тяжелой жидкости [3]. Для обработки данных использовали программы OxCal 4.4 (калибровочная кривая IntCal20 [4]), Excel, Tilia 2.0.60., Adobe Illustrator, C2 1.7.7. В работе использованы 6 радиоуглеродных дат (А.Е. Lalonde AMS Laboratory, ГИН). Кроме того, использовалось тефрохронологическое датирование [5].

Результаты исследования представлены на диаграммах (рис. 2, 3). Позднеплейстоценовые пыльцевые спектры из разреза Ушки-I/IV (рис. 2) отражают доминирование древесно-кустарниковой растительности, ассоциированной с периодом заселения этих мест человеком 12000 лет назад. Антракологический анализ показал, что найденные остатки – это угли древесной и кустарниковой формы березы (*Betula*), а также угли с признаками повторного обжига хвойных (*Pinaceae*).

Среди стоянок с берега протоки Ажабачьей проанализировано два разреза. Один из них УК-55 – это основной разрез (рис. 3), охватывающий изменения за последние 2 тысячи лет, он содержит три культурных слоя. УК-53а – это дополнительный разрез за пределами границы стоянки.

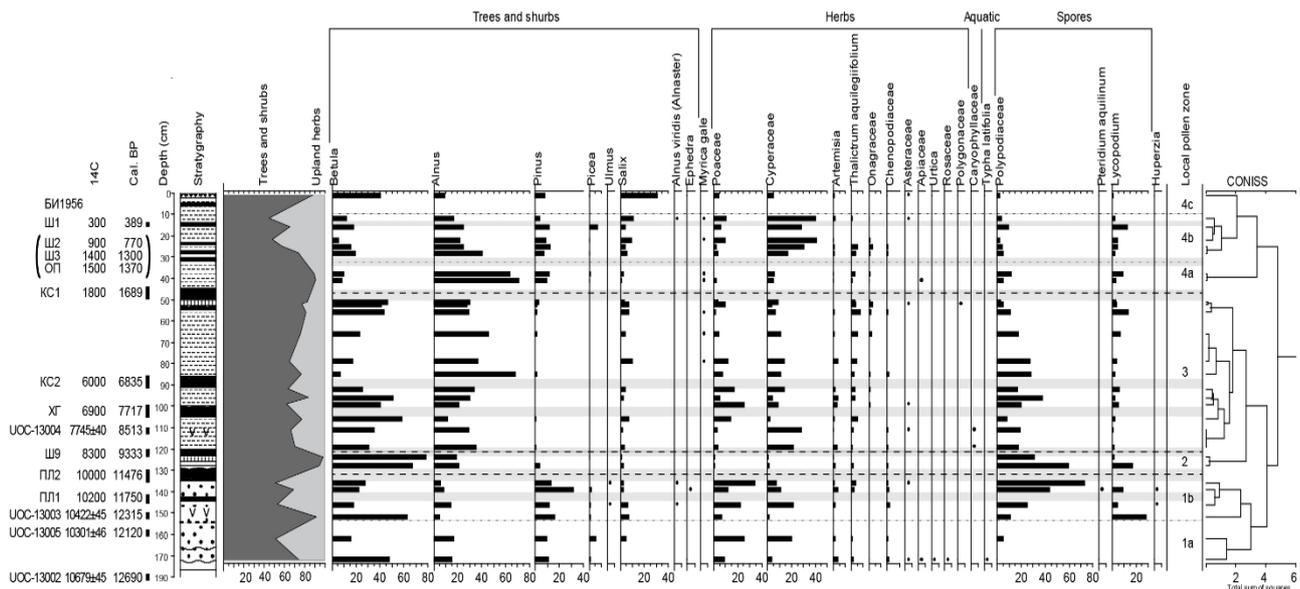


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма почвенных отложений Ушки-I/IV. Здесь и далее процент участия споровых посчитан от суммы спор и пыльцы, процент семенных таксонов – от суммы пыльцевых зерен.

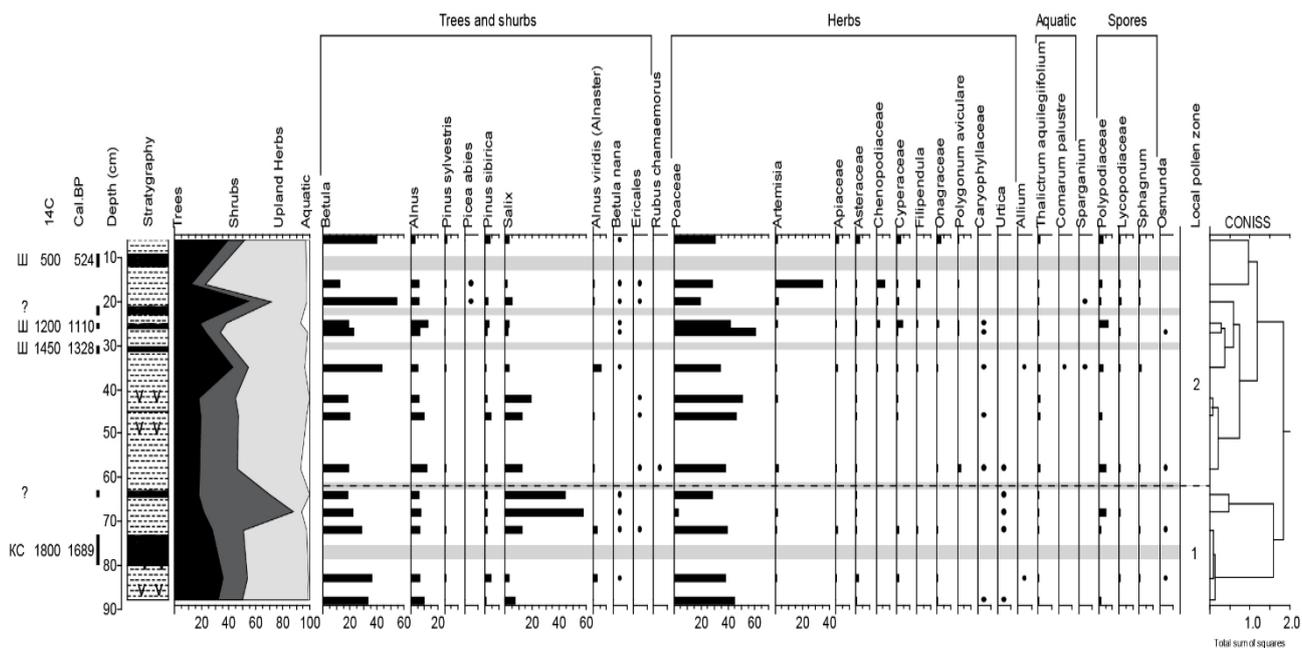


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма почвенных отложений Усть-Камчатск-55.

В образцах почвы на месте древнего поселения было найдено большее количество луговых и рудеральных таксонов, чем в образцах за его пределами. На пыльцевой диаграмме УК-55 выделяется образец с максимумом видового разнообразия на глубине 35 см, что соответствует периоду активной жизни стоянки. Это культурный слой ниже слоя пепла вулкана Шивелуч 1450. Также определен слой с доминированием индикаторов нарушений на уровне 15 см от поверхности. Он может быть связан с максимумом освоения земель ительменским населением. Для пыльцевых спектров почв за границами бывшего поселения характерно меньшее таксономическое разнообразие и преобладание пыльцы *Cyperaceae*.

Ординационный анализ спектров из разреза Ушки-I/IV показал связь между пеплопадами и изменением состава растительных сообществ. Наиболее серьезные изменения пыльцевых спектров относительно компоненты 1 синхронны крупным извержениям, поэтому мы можем интерпретировать ее как «нарушенность» территории после пеплопадов. Поэтому можно предположить, что вулканическая активность являлась одним из главных факторов для формирования данных локальных растительных сообществ в голоцене. Результаты ординационного анализа пыльцевых спектров из разрезов с берега протоки Ажабачья представлены на диаграмме (рис. 4).

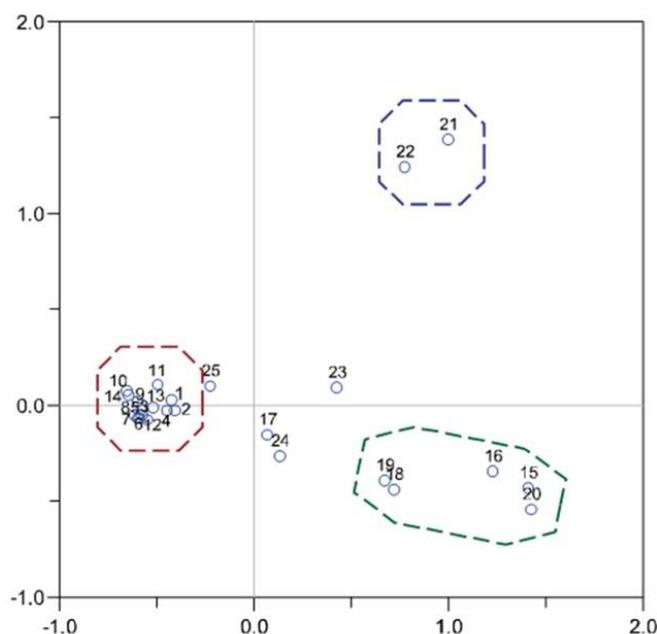


Рис. 4. Анализ пыльцевых спектров разрезов Усть-Камчатск методом главных компонент.

Расположение самых древних образцов (23, 24) между двумя группами: пыльцевых спектров из почв в пределах поселения (красная рамка) и спектров почв за его пределами (зеленая рамка) говорит об общности их истории и происхождения. Их разделение, по-видимому, произошло не менее 2000 лет назад, что может быть связано с освоением этих земель древними поселениями. Можно сделать предварительный вывод, что долговременное использование территории древними поселениями в долине протоки Ажабачья могло способствовать улучшению дренажа и увеличению богатства ЭМП, за счет чего сформировались таксономически богатые устойчивые сообщества с доминированием *Poaceae*, в то время как на территориях, не затронутых поселениями, существовала более бедная растительность с доминированием *Cyperaceae*, *Pteridium*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goebel T. New dates from Ushki-1, Kamchatka, confirm 13000 cal BP age for earliest Paleolithic occupation // *Jr. Archaeolog. Science*. 2010. V. 37. P. 2640-2649.
2. Hitztaler S.K., Bergen K.M. Mapping resource use over a Russian landscape: an integrated look at harvesting of a non-timber forest product in Central Kamchatka // *Environmental Research Letters*. 2013. V8. No 4. P. 045020.
3. Gajewski, K. Preparation of organic sediments for pollen analysis. Available from: <http://www.lpc.uottawa.ca/resources/pollen.html> (accessed: 16.02.2022).
4. Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Bronk Ramsey C., Talamo S. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP) // *Radiocarbon*. 2020. V.62 (4). P.725-757.

5. Кренке Н.А., Певзнер М.М., Кренке А.Н., Чаукин С.Н. Археолого-тефрохронологические исследования в районе Ключевской группы вулканов (Камчатка, Россия) // Краткие сообщения института археологии. 2017. № 249-ii. С. 329-347.

S u m m a r y.

Research areas in the lower reaches of the Kamchatka River valley. Samples from four soil pits were studied using the pollen analysis (PA) method. Local periods of fire activity, periods of maximum taxonomic diversity, and factors influencing the formation of plant communities were identified. According to pollen data, the most active phase of settlement in the lower reaches of the river began before the ash fall of the Shiveluch volcano 500 14C, i.e. no later than the 15th century, which is consistent with archaeological research.

КОГДА В СТАРОЙ ЛАДОГЕ СКЛАДЫВАЛИСЬ ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ПОЙМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ?

Н.И. Платонова¹, Г.М. Левковская¹, В.Ф. Тарасевич², В.А. Лапшин¹

¹*Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург*

²*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург*

WHEN DID THE OPTIMAL CONDITIONS FOR THE FLOODPLAIN AGRICULTURE EXIST AT STARAYA LADOGA?

N.I. Platonova¹, G.M. Levkovskaya¹, V.F. Tarasevich², V.A. Lapshin¹

¹*Institute for the History of Material Culture RAS, Saint Petersburg, Russia*

²*V.L. Komarov Botanic l Institute RAS, Saint Petersburg, Russia*

Аннотация.

Оптимальные условия для пойменного земледелия в Старой Ладогe существовали дважды. Первый этап – около 2400 л.н. на сапропелях Ладожской трансгрессии, но до заселения их ольшаниками. С ним связаны, возможно, следы древней пахоты и пыльца культурных злаков, найденные на Земляном городище в кровле сапропелей. Второй этап – ~1500–1400 л.н., связан с понижением уровня грунтовых вод, формированием низкой поймы, сменой господства ольшаников лугами. К нему относятся первые следы хозяйственной деятельности на Ладожском поселении. Наименее благоприятные условия и в Приладожье, и в Приильменье существовали во время господства ольховых топей ~2400–1500 л.н.

Ключевые слова: Старая Ладога, палинология, пойменное земледелие, максимум ольхи

В нижних горизонтах Старой Ладогe определены богатые карпологические флоры культурных растений (библиогр. см.: [1: 179–184]. Но в отложениях «пола» раннесредневекового культурного слоя (Почва 1, по А.Л. Александровскому [1: 166, рис. 1]) до сих пор не обнаруживались ни пыльца, ни фитолиты культурных злаков.

В основу работы положен сравнительный анализ: 1) статистических данных, полученных для Почвы 1 палинологами Г.М. Левковской, В.Ф. Тарасевич и Е.Г. Ершовой (приложения к отчету РФФИ № 18-09-40111 за 2020 и 2021 гг., рук. Н.И. Платонова); 2) СЭМ-микрографий растительных остатков

из Почвы 1, с изображениями мацератных комплексов с находками пыльцы, диатомовых и золотистых водорослей, стоматоцист, микроостатков древесин и т.д. [1: 165–199].

Выявлено 2 типа палинокомплексов: А – без находок культурных злаков; Б – с находками культурных злаков (8%). Комплекс А в разное время был изучен палинологами: Э.С. Плешивцевой (2004 г.), Е.С. Малясовой (2010 г.), Г.М. Левковской и В.Ф. Тарасевич (2020–2021 гг.). Подробные характеристики комплекса и изображения его палинофлоры представлены в табл. 1–2. Главные особенности: господство пыльцы древесных пород, резкое доминирование ольхи, присутствие широколиственных. Травянистые представлены 13-ю таксонами, различными по экологии. Содоминировали лебедовые (рудеральный сорняк) и разнотравье. Среди споровых преобладают папоротники. Найдено 1 пыльцевое зерно *Cerealia* [1: 169].

Таблица 1. Палинофлора отложений, подстилающих раннесредневековый культурный слой поселения на Земляном городище Старой Ладogi (комплекс А)

Название таксона	I	II	III	IV	V
Pinus – Сосна	12	3	15	4,8	7,7
Picea – Ель	5	2	7	2,2	3,6
Abies – Пихта		1	1	0,3	0,5
Alnus – Ольха	42	56	98	31,0	50,0
Cf. Alnus incana – Ольха серая	3		3	1,0	1,5
Ольха черная	2		2	0,6	1,0
Betula – Береза	1	20	21	6,7	10,7
Quercus – Дуб	1		1	0,3	0,5
Corylus – Лещина	5	4	9	2,9	4,6
Tilia – Липа	5	16	21	6,7	10,7
Ulmus – Вяз	1	16	17	5,4	8,7
Salix – Ива		1	1	0,3	0,5
Сумма пыльцы древесных пород и кустарников	77	129	196	62,2%	100%
Asteraceae – Астровые	1		1	0,3	2,4
Poaceae – Злаки	1	1	2	0,3	4,9
Cyperaceae – Осоковые		1	1	0,3	2,4
Polygonum cf. persicaria	1		1	0,3	2,4
Chenopodiaceae – Маревые	1	23	24	7,6	58,6
Fabaceae – Бобовые		1	1	0,3	2,4
Umbelliferae – Зонтичные		1	1	0,3	2,4
Caryophyllaceae – Гвоздичные	1	1	2	0,6	4,9
Onagraceae – Кипрейные		1	1	0,3	2,4
Plantago – Подорожник		1	1	0,3	2,4

Liliaceae – Лилейные	1		1	0,3	2,4
Myriophyllum – Уруть		4	4	1,3	9,8
Cereale – Культурные Злаки		1	1	0,3	2,4
Сумма пыльцы травянистых растений	5	36	41	13,0%	100,0%
Polypodiaceae – Кочедыжниковые	33		33	10,5	42,3
Lycopodium – Ликоподиум	2		2	0,6	2,6
Botrychum – Гроздовник	1	1	2	0,6	2,6
Diphazium tristachyum – Дифазиум трехколосковый	1		1	0,3	1,3
Sphagnum – сфагнум	23		23	7,3	29,4
Bryales – Зеленые мхи	8	9	17	5,4	21,8
Сумма спор папоротников и мхов	68	10	78	24,8%	100,0%
Общее число пыльцы и спор	150	165	315	100,0%	100,0%

I – определения В.Ф. Тарасевич, II – определения Г.М. Левковской. III – сумма пыльцевых зерен, IV – процент рассчитан от общего числа палиноморф, V – процент рассчитан по группам.

Сравнение данных, полученных для Почвы 1 (комплекс А) на Земляном Городище с данными двух эталонных разрезов без антропогенных нарушений и стратиграфических лакун – Назия 2 и Радбелик (рис. 1), показало четкую корреляцию максимума пыльцы ольхи (~2400–1400 л.н.) с наименьшим количеством или полным отсутствием пыльцы культурных злаков.

В Старой Ладогe В.Ф. Тарасевич определила, помимо ольхи серой, ольху черную (табл. 1–2). В настоящее время она образует топи, залитые водой, в притеррасной части высоких пойм. Присутствие на СЭМ-микрографиях золотистых водорослей [1: 190–192] и диатомовых водорослей (*Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen и *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen) [1: 193–195], обитающих в щелочных водах, объясняет, почему в комплексе А задокументированы формы с частичной стертостью скульптуры и другими отклонениями от палиноморфологической нормы.

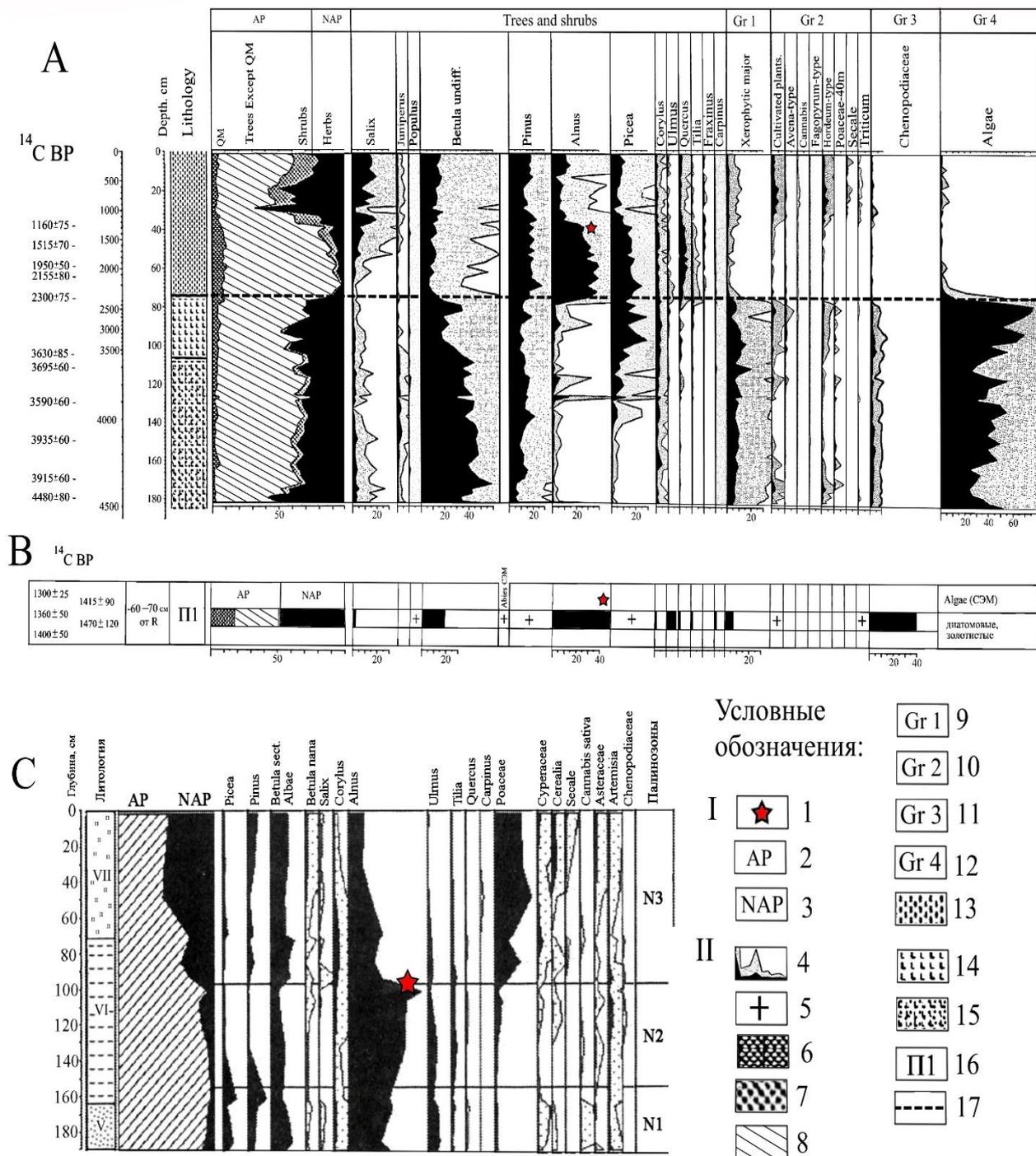


Рис. 1. Спорово-пыльцевые диаграммы отложений низинных болот и высоких пойм озер Ладожского и Ильмень с максимумами пыльцы ольхи (*Alnus sp.*) (≈ 2400 – 1400 л. н.). А — низинное болото Радбелик (Приильменье) (по: Konigsson, Possnert, 1997) [1: 182]; Б — Земляное городище Старой Ладоги, почва 1 (П1), вмещающая раннесредневековые культурные остатки и уголь; В — Назия 2, разрез 2-метровой высокой поймы, врезанной в отложения 10,5-метровой террасы (Юго-Западное Приладожье) (по: Семёнова и др., 2009) [1: 183]. 1, 17 — уровни дренажа территории, оптимальные для земледелия: 1 этап — с конца Ладожской трансгрессии до начала максимума пыльцы ольхи; 2 этап — конец максимума пыльцы ольхи и начало возрастания количества пыльцы травяно-кустарничковых растений (начало замещения пойменных лесов с примесью широколиственных пород и притеррасных ольховых топей пойменными лугами) (1 — корреляции диаграмм А, С; 17 — корреляции диаграмм А, В, С). Полную легенду к рис. 1 см. [1: 169–174, рис. 4)].

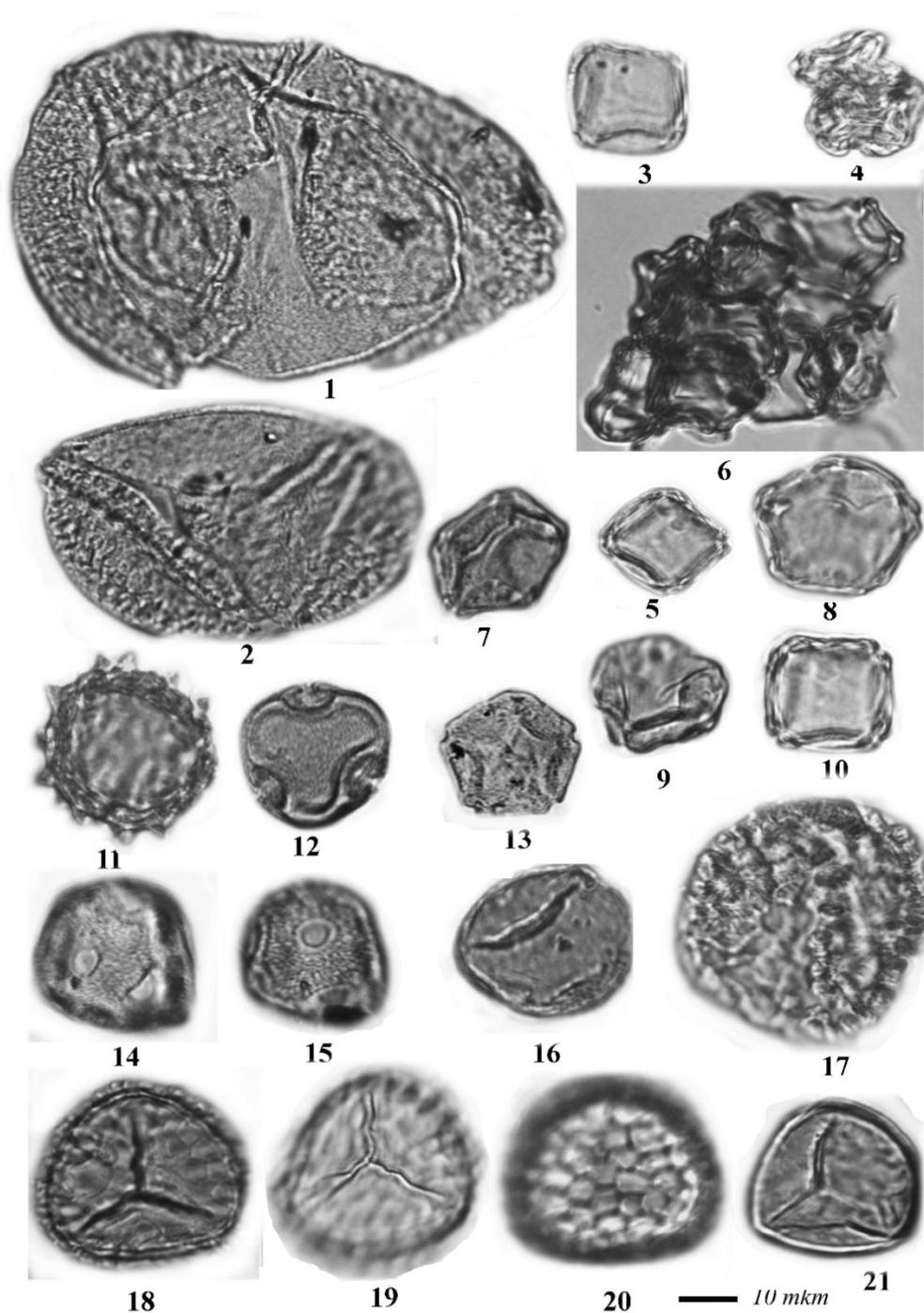


Таблица 2. Микрофотографии пыльцы и спор из отложений Почвы 1 (комплекс А, без культурных злаков) на Земляном Городище Старой Ладogi
 1 – *Picea* sp.; 2 – *Pinus* подрод/*Parloxylon*; 3, 5, 8, 10 – *Alnus glutinosa*; 4, 7, 9, 13 – *Alnus* sp.; 6 – полиада из зерен *Alnus*; 11 – *Asteraceae*; 12 – *Tilia cordata*; 14, 15 – *Caryophyllaceae*; 16 – cf. *Plantago* sp.; 17 – *Polygonum* cf. *persicaria* sp.; 18, 19 – *Diphazium tristachyum*; 20 – *Lycopodium* sp.; 21 – *Sphagnum* sp.

Уменьшение облесенности территории и начало господства лугов ~1500–1400 л.н. свидетельствует о новом понижении уровня вод в гидрологической сети. В результате сформировались низкие луговые поймы, врезанные в отложения высоких пойм, с частичным их размывом. На Земляном Городище

произошло осушение останца высокой поймы и причленение к нему низкой 4-метровой поймы, на что первым указал М.В. Шитов в 2004 г. В опубликованном разрезе раскопа 2019 г. на Земляном Городище в кв. Ф-16 виден эрозионный врез, заполненный наклонными отложениями суглинка со щепой, отделяющий останец высокой поймы, с горизонтальным залеганием слоев, от останца низкой поймы. Оба погребены под толщей средневековой куртины [1: 166, рис. 1].

Палинокомплекс Б, описанный Е.Г. Ершовой, характеризует отложения низкой поймы. Он демонстрирует уменьшение пыльцы древесных пород, резкое сокращение пыльцы ольхи, березы, всех широколиственных. Исчезает ива, увеличивается процент сосны, встречаются индикаторы пересыхания и заболачивания водоемов, пожаров и распашки. Это отражает картину, сложившуюся по окончании ольхового максимума. Наиболее вероятное объяснение отличий данного образца Почвы 1 от того, что был всесторонне исследован нами, – отбор производился вблизи контакта высокой поймы с низкой, где и производились первые посевы.

Авторы признательны Е.Г. Ершовой и А.Л. Александровскому за информацию о результатах исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Платонова Н.И., Левковская Г.М., Брицкий Д.А., Карцева Л.А., Лапшин В.А., Григорьева Н.В., Миляев П.А., Збукова Д.В., Александровский А.Л., Шадрин С.Н., Балашова Н.Б., Киселев Г.А., Чавчавадзе Е. С. Старая Ладога: СЭМ-исследования растительных остатков из палеопочв, разделенных отложениями Ладожской трансгрессии. Новые материалы и старые проблемы // Археологические вести. 2020. № 30. С. 163–199.

S u m m a r y.

There were two stages, when optimal conditions for the floodplain agriculture existed in Staraya Ladoga. The first one was ~ 2400 years ago, when exposed sapropel sediments of the Ladoga transgression were not yet colonized by alder. This stage is connected with the traces of the ancient agricultural tillage and pollen of cereals, which were found at the Zemlyanoye Gorodishche site. The second stage, ~1500–1400 years ago, corresponds to the groundwater decline, formation of the low floodplain and replacement of alder groves with meadows. This is the time of the first signs of human economic activities at Ladoga settlement. The least agriculturally favourable conditions were between ~2400-1500 years ago, when both Ladoga and Ilmen lakesides were dominated by alder carrs.

РАЗВИТИЕ ЛАГУНЫ ПИЦУНДСКОГО ПОЛУОСТРОВА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

А.И. Рудинская¹, Н.Е. Зарецкая¹, А.В. Котенков^{1,2}, В.Г. Ван², А.Л. Чепальга¹,
Н.Н. Луговой^{1,2}, А.М. Авдонина², М.А. Писцова², Ю.В. Батаев²

¹Институт географии РАН, г. Москва, rudinskaya94@gmail.com

²МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, avdoninaam@my.msu.ru

EVOLUTION OF THE PITSUNDA PENINSULA LAGOON IN THE LATE HOLOCENE

A.I. Rudinskaya¹, N.E. Zaretskaya¹, A.V. Kotenkov^{1,2}, V.G. Van², A.L. Tchepalyga¹,
N.N. Lugovoy^{1,2}, A.M. Avdonina², M.A. Pistsova², Yu.V. Bataev²

¹Institute of Geography RAS, Moscow

²Lomonosov Moscow State University, Moscow

Аннотация.

Изучение истории Восточного Причерноморья предполагает не только исследование соответствующих археологических памятников, но и реконструкцию природных обстановок и их влияния на хозяйственную деятельность человека. В рамках настоящего исследования были уточнены границы палеолагуны близ древнеримской крепости Питиус, местоположение которого было установлено в И.П.Балабановым в рамках палеогеографической реконструкции развития Пицундского полуострова в голоцене. Нами было выполнено бурение донных отложений палеолагуны и определен их радиоуглеродный возраст. С помощью диатомового и малакофаунистического анализов были реконструированы палеоэкологические условия в лагуне Пицундского полуострова в IX-X вв. н.э.

Ключевые слова: палеолагуна, Питиус, Питиунт, Пицундский полуостров, палеореконструкция, поздний голоцен

История Восточного Причерноморья всегда интересовала как людей из разных научных областей (историков, археологов, географов), так и обычных туристов. При реконструкции истории древних поселений важной задачей представляется изучение палеогеографических условий их существования. Реконструкция развития Пицундского полуострова в голоцене в связи с трансгрессивно-регрессивной ритмикой, выполненная И.П.Балабановым [1] при помощи малакофаунистического, радиоуглеродного и спорово-пыльцевого анализов, позволила установить предполагаемое местоположение древнегреческого города Питиунт (III-II вв. до н.э.) и Питиуса (IV-V вв. н.э.), располагавшихся на берегу лагуны Черного моря (однако Питиус в некоторых источниках отождествляется с Питиунтом).

Целью настоящего исследования было уточнение границ палеолагуны на период 2,5-1 тыс. л.н. и ее глубин в разных частях водоёма. Это позволит скорректировать местоположение города и его порта, в котором могли располагаться корабли античного времени, обеспечивавшие город

продовольствием и использовавшиеся для оборонительной функции. Реконструкция палеоэкологических условий и параметров исследуемого древнего водоема позволила бы достоверно установить/исключить связь водоема с Черным морем, констатировать возможность/невозможность прохода судов в залив и даже приблизительно оценить параметры судов.

Исследование сочетает в себе ранее опубликованные данные [1] и полевые материалы, полученные в январе-феврале 2022 года. Кроме литературных, открытые оригинальные источники включили в себя данные дистанционного зондирования (космические снимки), топографические карты, а также сведения о геологическом строении (данные глубокого бурения и геологические карты).

В полевых условиях мы использовали следующие методы:

- 1) геоморфологическое картографирование [2];
- 2) аэрофотосъемка беспилотным летательным аппаратом DJI Phantom 3;
- 3) ручное бурение с помощью бура Eijkelcamp и отбор образцов вдоль предполагаемой границы палеолагуны;
- 4) топографическое и геоморфологическое профилирование с использованием прибора ГНСС (DGPS, RTK) модели PrinCe i50 (позволило оценить точное местоположение форм рельефа и их морфометрические характеристики).

На камеральном этапе в Институте географии РАН были выполнены диатомовый и малакофаунистический анализы и радиоуглеродное датирование предполагаемых лагунных отложений с глубин 6,2-6,4 м. Препарат для диатомового анализа был приготовлен по стандартной методике [3] пероксидом водорода для очистки от карбонатов и органического вещества, затем была проведена плотностная сепарация образца в тяжелой жидкости плотностью 2,3 г/см³. В препарате была определена видовая принадлежность 594 створок диатомей. Для идентификации таксонов использовались «Определитель диатомовых водорослей России» [4] и «Bacillariophyceae» [5, 6, 7, 8]. Уточнение видовых названий производилось с помощью базы данных AlgaeBase [9]. Среди идентифицированных видов диатомей были выделены экологические группы по двум принципам – по типу местообитания, для которого характерен выделенный таксон (планктонные, перифитонные и бентосные виды диатомовых водорослей, а также виды,

характерные для влажных местообитаний [10]) и по системе галобов Кольбе [11] (эвгалинные, предпочитающие морскую воду с соленостью 30-40‰, мезогалобные (солонатоводные), предпочитающие соленость от 5 до 20‰, и олигогалобные - пресноводные виды, предпочитающие соленость 0-5‰).

Было выполнено радиоуглеродное датирование органо-минерального ила с глубин 6,2-6,4 м жидкостно-сцинтилляционным методом и получена дата 1490 ± 60 (ИГАН – 10194). Учитывая тип отложений, нельзя исключать возможное влияние резервуарного эффекта. Это обуславливает необходимость смешанной калибровки, по итогам которой было установлено, что отложения формировались 1193-1069 л.н.

Малакофаунистический анализ был выполнен по стандартной методике [12].

В результате диатомового анализа в изученном образце выделено 53 вида диатомовых водорослей. Доминируют бентосные диатомеи (их доля составляет 65% от общего числа створок), среди них наибольшую долю составляют створки индифферентных видов *Melosira varians* (12% всех створок) и *Diatomella balfouriana* (8% створок) и галофильного вида *Amphora ovalis* (9% створок). Доля планктонных видов составляет 16%, доминирует мезогалобный вид *Actinocyclus normanii* (9%). Перифитонные виды составляют 6% от общего числа створок, диатомеи, предпочитающие влажные местообитания – 12% от общего числа створок, среди них доминирует эвгалообный вид *Achnanthes brevipes*. Экологические группы по системе галобов Кольбе распределяются следующим образом: преобладают галофильные виды (41% створок), доля видов-индифферентов составляет 24%, эвгалообных – 21%, мезогалобных – 10%, галофобных – 5%.

Видовой состав диатомей в изученном образце свидетельствует о небольшой глубине водоема. Значительное преобладание галофильных видов при высоком содержании эвгалообных видов и видов-индифферентов указывает на вероятное сохранение связи водоема с морем на этапе осадконакопления. В то же время, по-видимому, происходило некоторое распреснение водоема – возможно, за счет атмосферных осадков либо впадения водотоков.

Фауна изученного образца содержит раковины моллюсков хорошей сохранности, которые относятся к следующим видам: *Mytilus galloprovincialis*,

Mytilus edulis, *Ostrea edulis*, *Mytilus edulis*, *Cerithium vulgatum*, *Hydrobia* sp., *Balanus* sp. *Vermetus* sp. Эти моллюски типичны для открытой акватории Черного моря, где соленость достигает 18-20‰. Характер раковин (размеры, толщина) свидетельствуют о некоторой угнетенности моллюсков из-за низкой солености, повышенного содержания кислорода и заиленности, что указывает на условия полузамкнутой лагуны с ограниченной связью с морем. Нельзя исключать многократную изоляцию лагуны и возобновление ее связи с морем. Существенное количество съедобных видов может свидетельствовать о влиянии человека на состав фауны моллюсков.

В результате проведенного исследования установлено, что изученные отложения формировались в лагуне, которая выполняла функции морского порта в древнеримской колонии Питиус; об этом свидетельствует и каменная стена, окружающая палеолагуну, в центре которой располагалась наша скважина, с проходом для судов на север. Однако во время формирования отложений римляне покинули крепость, а лагуна, по-видимому, активно заиливалась, сохраняя, судя по результатам диатомового и малакофаунистического анализа, связь с морем, хотя глубина водоема была небольшой. В IX-X вв. н.э. территория Пицундского полуострова входила в состав Абхазского царства. Таким образом, для реконструкции условий этого палеоводоема в эпоху Понтийского царства потребуются дополнительные исследования – в первую очередь, отбор образцов из более глубоких слоев отложений палеолагуны.

Исследование выполнено по теме госзадания АААА-А19-119021990092-1 (номер договора 0127-2019-0008) «Маркеры природных событий в высокоразрешающих седиментационных палеоархивах». Экспедиционные работы выполнялись в ходе зимней экспедиции НСО кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Авторы выражают глубокую признательность руководителю экспедиции Е.А.Еременко и ее участникам – А.В.Бредихину, С.И.Болысову, А.А.Деркач, Ю.Н.Фузеиной, В.Р.Беляеву, М.А.Кузнецову, А.П.Денисовой, В.С.Посажениковой, В.В.Смирновой, А.К.Яковенко.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанов, И. П. Палеогеографические предпосылки формирования современных природных условий и долгосрочный прогноз развития голоценовых террас Черноморского побережья Кавказа. М.: Дальнаука, 2009. 350 с.
2. Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование. М.: Недра, 1975. 183 с.
3. Battarbee R.W., Jones V.J., Flower R.J. Diatoms // Smol J.P., Birks H.J-B. and Last W.M. (Eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators, 2001. P.155–202.
4. Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с. Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с.
5. Kramer K., Lange-Bertalot H.1. Teil: Naviculaceae. // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Heidelberg, Berlin, 2001. 876 p.
6. Kramer K., Lange-Bertalot H.2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Heidelberg, Berlin, 2001. 596 p.
7. Kramer K., Lange-Bertalot H.3. Teil: Bacillariaceae, Centrales, Fragilariaceae, Eunoticeae. // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Heidelberg, Berlin, 2001. 640 p.
8. Kramer K., Lange-Bertalot H.4. Teil: Achnantaceae. // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Heidelberg, Berlin, 2001. 468 p.
9. Guiry, M.D., Guiry, G.M. 2020. AlgaeBase // World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 20 June 2022.
10. Прошкина-Лавренко А.И. Физиология и экология диатомовых водорослей // Диатомовый анализ. М.Госгеолиздат, 1949. Т.1. С.52-79.
11. Kolbe R. Grundlinien einer allgemeinen Ökologie der Diatomeen // Ergebnisse der Biologie. 1932. 8.
12. Комплексное изучение моллюсков для целей стратиграфии и палеогеографии. М.: МГУ, 1981. 180 с.

S u m m a r y.

The study of the history of the Eastern Black Sea region involves not only the investigation of relevant archaeological sites, but also the reconstruction of the paleo-environment and its impact on human activity. In the framework of this study, the boundaries of the paleolagoon near the ancient Roman fortress of Pitius (I.P. Balabanov established its location as part of the paleogeographic reconstruction of the development of the Pitsunda Peninsula in the Holocene) were clarified. We drilled the bottom sediments of the paleolagoon and determined their age by radiocarbon dating. We also reconstructed the palaeoecological conditions in the lagoon of the Pitsunda Peninsula in the 9th-10th centuries using diatom and malacofauna analysis.

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ И ВОЗРАСТЕ
КАРБОНИЗИРОВАННЫХ МАКРООСТАТКОВ ИЗ ДРЕВНИХ
ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

Н.Е. Рябогина¹, И.А. Идрисов², А.С. Афонин¹, А.Ю. Сергеев³, А.В. Борисов⁴

¹Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень, nataly.ryabogina@gmail.com

²Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, ИГ ДФИЦ, г. Махачкала,
idris_gun@mail.ru

³Институт археологии РАН, г. Москва, alexarchbot@yandex.ru

⁴Пушчинский научный центр биологических исследований РАН, ИФХиБПП ПНЦБИ, г.
Пушино, a.v.borisovv@gmail.com

**FIRST DATA ON THE COMPOSITION AND AGE OF CARBONIZED
MACROREMAINS FROM ANCIENT AGRICULTURAL TERRACES IN THE
NORTHERN CAUCASUS**

N.E. Ryabogina¹, I.A. Idrisov², A.S. Afonin¹, A.Yu. Sergeev³, A.V. Borisov⁴

¹Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, nataly.ryabogina@gmail.com

²Dagestan Federal Research Center RAS, IG DFRC, Makhachkala, idris_gun@mail.ru

³Institute of Archeology, Russian Academy of Sciences, Moscow, alexarchbot@yandex.ru

⁴Pushchino Scientific Center for Biological Research, Russian Academy of Sciences, Institute of
Physical Chemistry and Biology, Pushchino, a.v.borisovv@gmail.com

Аннотация.

Древнее террасирование склонов гор в разных районах Северного Кавказа один из ярких примеров масштабного антропогенного воздействия на экосистемы в голоцене. Однако, до сих пор, критически мало данных о том, когда создавали террасы и какие зерновые на них выращивались. Исследование флотационных проб из террасовых почв в Дагестане, Осетии, Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкессии показало, что они содержат карбонизированные зерна культурных злаков и сорных растений, попавшие в почву вместе с золой, использовавшейся как удобрение. В составе макроостатков в основном идентифицированы зерна ячменя, реже выявлены остатки пшениц и ржи, единично - проса обыкновенного. Впервые предпринята попытка определения периода эксплуатации террас через прямое AMS датирование карбонизированных зерен показала, что террасы функционировали в средневековье (с XII в н.э.). Однако для определения наиболее раннего этапа земледельческого террасирования склонов Кавказа требуются более массовые серийные датировки макроостатков.

Ключевые слова: земледельческие террасы, Северный Кавказ, обугленные зерна, датирование зерен.

В горной и предгорной зоне Кавказа известны многочисленные поселения раннеземледельческих культур (неолита, энеолита, бронзы), нередко они расположены рядом с искусственно террасированными склонами. Существуют гипотезы о том, что горное земледелие исторически развивалось как террасное, а многие древние поселения земледельцев и прилегающих к ним террас синхронны. К началу исторического времени террасные поля покрывали огромные площади на Кавказе. Только в Дагестане выявлено более 2000 км² террас на высотах от 500 до 2400 м [1]. Но хотя многие из них действительно

соседствуют с древними поселениями, находки культурных злаков известны лишь для культурных слоев горных поселений 5-3 тыс. до н.э. [2], а в пахотных слоях террас палеоботанические исследования не проводились. Кроме того, определение времени создания и периода функционирования террас по-прежнему представляется сложной задачей, так как террасы могли неоднократно вовлекаться в землепользование. Гипотезы о возрасте некоторых террас Северного Кавказа, высказывались на основании их типизации, сопоставлении ареалов террас и локализации поселений разного времени, а также подкреплялись находками керамики в пахотном слое [3; 4]. Однако для подтверждения этих версий не применялись методы радиоуглеродного или ОСЛ датирования каких-либо материалов из террас.

В связи с этим, проведен целенаправленный поиск макроостатков в пахотном слое террас в разных частях Северного Кавказа (рис. 1) для определения их наличия, путей поступления, сохранности и идентификации, а также прямого датирования зерен для анализа вариативности хронологического распределение этих находок.

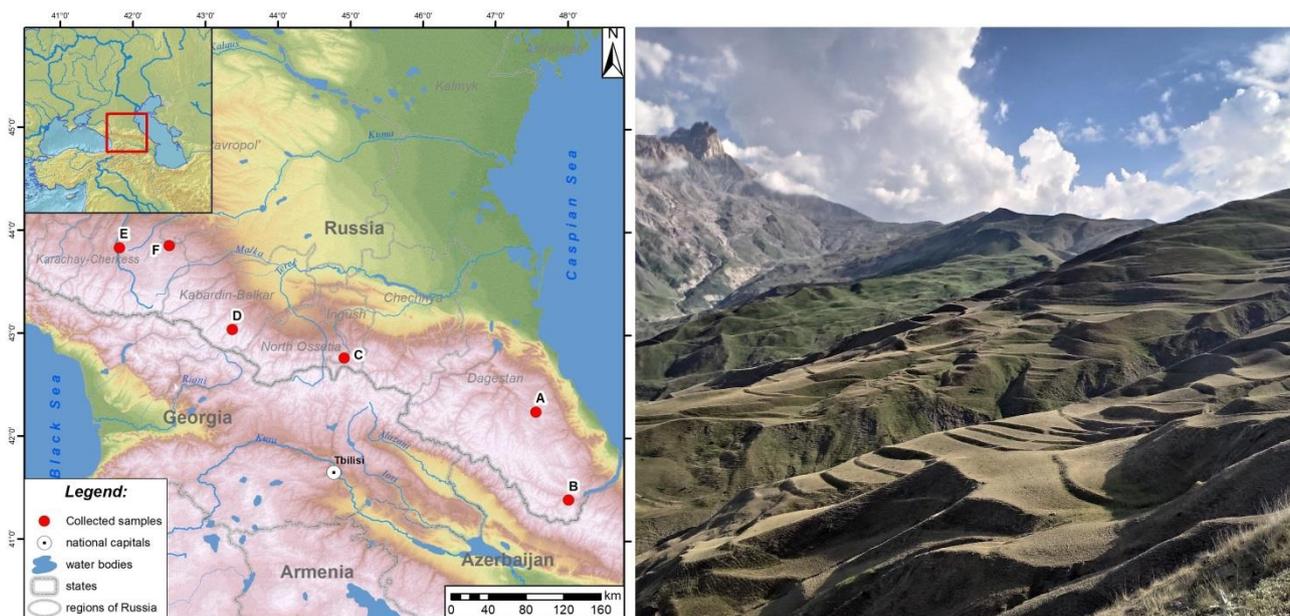


Рис. 1. Местоположение участков исследования террас Северного Кавказа (А – Муги, В – Джаба, С – Эгикхал, D – Курнаят, Е – Хумара; F – Водопадное и Арбакол)

Методы исследования

Пробы грунта объемом 10 л каждая отбирались в шурфах из разных глубин почвенных слоев, ассоциированных с пахотным слоем террас в Дагестане, Ингушетии, Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкессии. Для извлечения растительных макроостатков применялась методика водной

флотации с использованием сита 0,5 мм/ячейка. В работе анализируются исключительно карбонизированные остатки растений.

Десять AMS датировок получено по целым зерновкам пшеницы, ячменя и ржи, а также по кусочку угля и карбонизированному фрагменту органического вещества (нагар пищи) из двух участков – Муги и Курнаят (А и D).

Результаты и обсуждение

Исследованная выборка из 42 проб выявила сильно различающиеся концентрации сгоревшей органики в пахотных горизонтах – от полного отсутствия до насыщенности, сопоставимой с культурным слоем поселений. Имеющиеся данные указывают на то, что источником поступления карбонизированных макроостатков в пахотный слой террасовых почв было внесение золы из поселенческих очагов, вместе с навозом и бытовым мусором в качестве удобрения. Исходя из вышесказанного, понятно, что карбонизированные макроостатки найденные на террасированных полях это смесь из остатков растений, случайно обуглившихся на поселении, а их радиоуглеродный возраст отражает не время создания террас, а время их активной эксплуатации с внесением удобрений.

В составе макроостатков злаков из почв террас часто обнаруживается ячмень многорядный *Hordeum vulgare* L. как плёнчатой, так и голозерной формы (районы А, D, F), на террасах Муги и Курнаят с остатками мякины. Остатки пшеницы мягкой *Triticum aestivum* L. также обнаружены в террасах трех районов (А, D, E), но в значительно меньшем количестве, чем ячмень, и исключительно в верхних слоях террасовых почв. Остатки других пшениц (*Triticum monoccum* L./*Triticum dicoccum*.) встречены только в верхней, средневековой части пахотного слоя террасы Водопадное (район F). Зерновки ржи *Secale cereale* L. встречены единично и только на двух участках (А, D) в средней и нижней части профиля террасовой почвы. Только на одном участке (D) в обилии выявлено просо обыкновенное *Panicum miliaceum* L. Зерна проса обнаружены на разных глубинах во всех пробах террас Курнаят также часто, как и остатки ячменя.

Среди макроостатков некультивируемых растений встречаются не только полевые, но и поселенческие сорняки. Наиболее обильно представлены семена рудеральных сорняков (*Chenopodium, Malva, Polygonum aviculare*). Доминирует марь, этот сорняк типичен для поселений, загонов для скота и мусорных мест,

но также может засорять и посевы, которые удобряют навозом. Группа сеgetальных сорняков представлена *Avena* sp., Brassicaceae и *Neslia*. Крестоцветные и, в частности неслия, очень характерны для краевых зон полей и залежей, однако в составе макроостатков террасовых почв они встречены только в Дагестане (А, В). Остальные же семена диких трав (Asteraceae, Caryophyllaceae, *Bromus*, Fabaceae, *Galium*, *Nepeta*, Poaceae, Polygonaceae, *Ranunculus repens*, Cyperaceae) условно можно отнести к группе луговых, они могли стать частью набора карбонизированных макроостатков случайно или при использовании кизяка в качестве топлива.

Результаты AMS датирования карбонизированных макроостатков из террас Муги (А) соотносятся со средневековьем и даже Новым временем, то есть не подтверждают эксплуатацию этой террасы в эпоху бронзы жителями близ расположенного Мугинского поселения. Наиболее ранние датировки по ячменю указывают на XII – конец XIII в. н.э., они закономерно получены из нижней части почвы. Непосредственно из мощного пахотного слоя террасы получен разброс датировок от XV до XIX в. н.э. Возраст зерен из террасы Курнаят (D) также дифференцирован по глубине: из самого нижнего слоя террасовой почвы по ячменю получена датировка конца XIII века н.э. Все остальные четыре датировки по ячменю и ржи укладываются в XV в н.э., они получены средней части пахотного слоя и, вероятно, характеризуют этап активной эксплуатации террасы, когда интенсивно образовывался мелкозем, и его мощность нарастала в прибровочной части [5].

Представленные результаты - это тестовое исследование, что не исключает эффект малой выборки. Проследить все нюансы распределения макроостатков в террасах позволит только дальнейшее изучение с увеличением набора данных, в том числе о возрасте макроостатков в террасовых почвах разных высотных уровней из различных районов Кавказа.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ «Антропогенные почвы земледельческих террас Кавказа» № 19-29-05205мк и РНФ № 19-18-00406.

ЛИТЕРАТУРА

1. Идрисов И.А., Борисов А.В. Земледельческие террасы - каркас системы расселения Восточного Кавказа // Экология древних и традиционных обществ. Материалы VI Международной научной конференции. 2020. С.33-35.
4. Korobov D., Borisov A. The origins of terraced field agriculture in the Caucasus: New discoveries in the Kislovodsk basin // Antiquity. 2013. V. 87. No 338. P. 1086-1103. doi:10.1017/S0003598X00049887

3. Борисов А.В., Коробов Д.С. Древнее и средневековое земледелие в Кисловодской котловине: итоги почвенно-археологических исследований. М.: Таус, 2013. 272 с.
2. Лисицына Г.Н., Прищепенко Л.В. Палеоэтноботанические находки Кавказа и Ближнего Востока. М.: Наука, 1977. 127 с.
5. Борисов А.В., Каширская Н.Н., Ельцов М.В., Пинской В.Н., Плеханова Л.Н., Идрисов И.А. Почвы древних земледельческих террас Восточного Кавказа // Почвоведение. 2021. № 5. С. 542-557. doi: S0032180X2105004X

S u m m a r y.

Ancient terracing of slopes of the North Caucasus is one of the examples of large-scale anthropogenic impact on mountain ecosystems in the Holocene. However, until now, there is critically little data on age of the terraces and crops were grown there. The research of flotation samples from terraced soils in Dagestan, Ossetia, Kabardino-Balkaria and Karachay-Cherkessia showed that they contain carbonized grains of barley, wheat, rye and millet, as well as weeds that have fallen into the soil along with ash used as fertilizer. To determine the period of exploitation of terraces we used direct AMS dating of carbonized grains. It has been established that the terraces actively developed for agriculture in the Middle Ages (at least since the 12th century AD), but to determine the age of the earliest terraces more dating of the macro remains is required further.

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ КОМАНДОРСКО-АЛЕУТСКОЙ ГРЯДЫ В ГОЛОЦЕНЕ: КЛИМАТИЧЕСКИЕ, ВУЛКАНИЧЕСКИЕ, ЗООГЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

О.И. Смышляева¹, Е.А. Кузьмичева¹, О.А. Крылович¹, А.Б. Савинецкий¹
¹*ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, smyslyaevaol@gmail.com*

VEGETATION DYNAMICS OF THE ALEUTAIN ISLANDS IN THE HOLOCENE: CLIMATIC, VOLCANIC, ZOOGENIC, AND ANTHROPOGENIC FACTORS

O.I. Smyshlyaeva¹, E.A. Kuzmicheva¹, O.A. Krylovich¹, A.B. Savinetsky¹
¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow*

Аннотация:

Для реконструкции динамики растительности и локального увлажнения были использованы радиоуглеродный, ботанический, спорово-пыльцевой анализы и анализ стабильных изотопов углерода и азота ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C/N). Заметнее всего динамика растительности отличалась между прибрежными и удаленными от берега местообитаниями. Климат определял изменения растительного покрова вдали от берега во всех частях гряды. Интенсивное воздействие морских птиц на прибрежные экосистемы приводило к формированию орнитогенной растительности. Древние алеуты опосредованно влияли на прибрежные экосистемы.

Ключевые слова: палеоэкология, спорово-пыльцевой анализ, стабильные изотопы, торфяные отложения.

Командорско-Алеутская островная гряда — архипелаг вулканического происхождения протяженностью почти 2500 км. На островах выражен океанический климат с небольшой разницей температур в течение года, большим количеством осадков и сильными ветрами. Особенность региона —

низкая антропогенная нагрузка в голоцене, по сравнению с большинством районов Земли. Древние алеуты, населявшие острова на протяжении последних 9000 лет, занимались морской охотой и не имели сельского хозяйства, в связи с этим их воздействие на наземные экосистемы было минимальным [1]. Опосредованное влияние алеутов, по крайней мере, на прибрежную растительность могло быть связано с их охотой на морских птиц, формирующих на островах гряды многомиллионные колонии. С гуано морских птиц в экосистемы попадают дополнительные биогенные элементы, что приводит к изменению состава и продуктивности растительных сообществ [2]. Однако влияние птиц на динамику растительности Алеутских островов в масштабах тысячелетий ранее не было изучено. Климат и вулканическая активность определяли смены растительных сообществ, однако высокая разнородность климатических условий вдоль гряды не позволяла ранее выявить общие закономерности изменений растительности в течение голоцена [3]. Целью данной работы стало добавить новые реконструкции растительного покрова для выявления общих для всей гряды закономерностей смен под действием климата, вулканических извержений, зоогенных и антропогенных воздействий.

Нами было исследовано четыре торфяных отложения с учетом их расположения, как вдоль гряды (чтобы учесть разность климатических условий на западе и востоке гряды), так и относительно берега, чтобы учесть особенности локального увлажнения и потенциальное воздействие морских птиц (рис.1). На востоке гряды торфяники были отобраны на двух островах: о. Уналашка (удаленный от берега) и о. Карлайл (прибрежный). На западе гряды два торфяника были отобраны на о. Шемья (удаленный от берега и прибрежный). Было проведено радиоуглеродное датирование отложений для определения времени начала накопления торфа, характера роста отложений и изменений состава растительности и локальных условий.

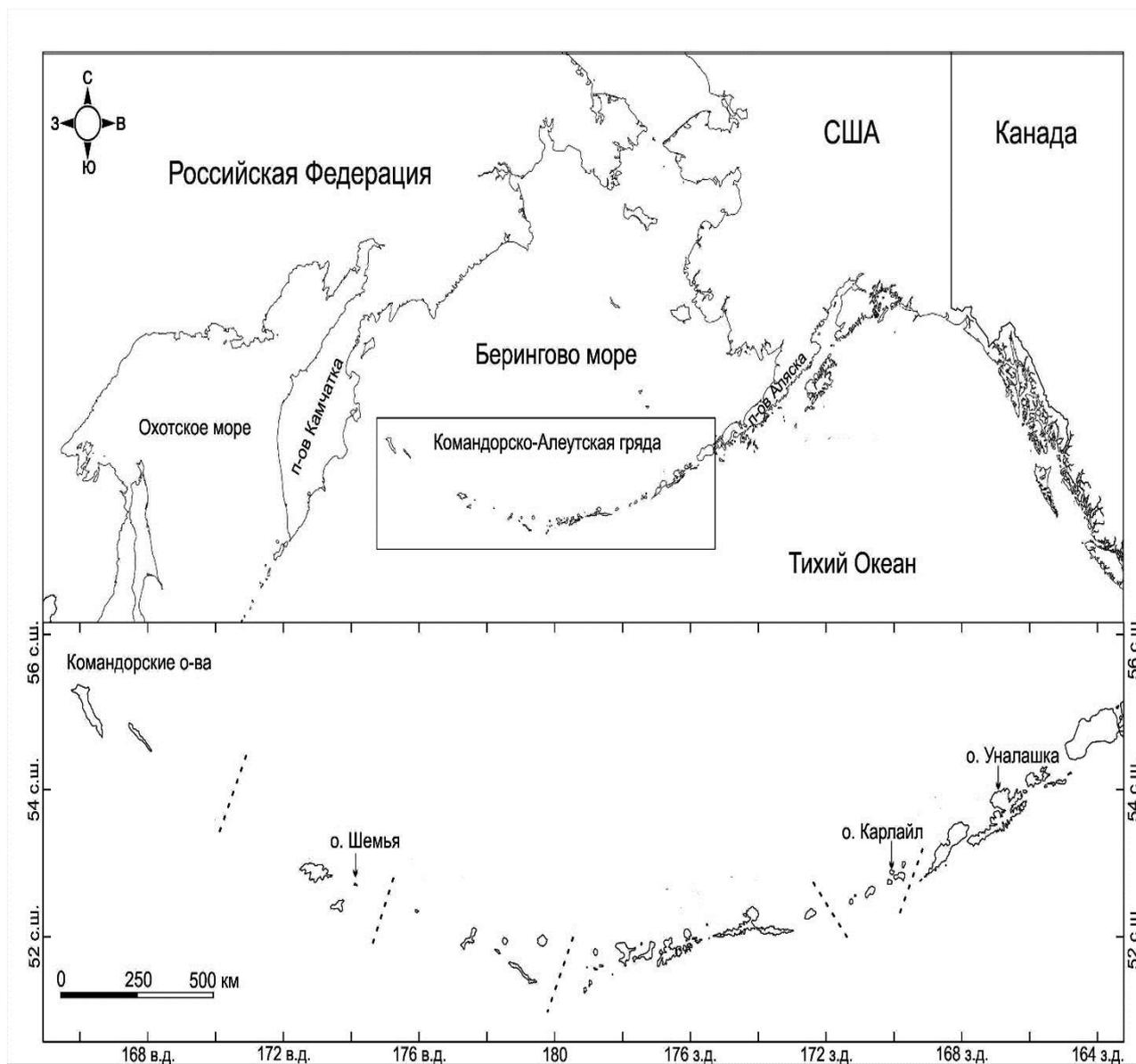


Рис. 1. Карта района исследований

Мы использовали ботанический анализ для определения типа торфа; анализ стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) для реконструкции условий локального увлажнения, анализ стабильных изотопов азота ($\delta^{15}\text{N}$) для выявления периодов влияния на растительность морских птиц, гуано которых обогащено тяжелым изотопом ^{15}N . Растительность была реконструирована с помощью спорово-пыльцевого анализа. Динамика растительности и условий локального увлажнения была сопоставлена с изменениями климата, полученными по литературным данным для запада и востока гряды [4, 5].

Отложения на изученных островах сложены торфом осокового типа, который начал накапливаться от 10500 до 7300 лет назад (л.н.) (рис. 2).

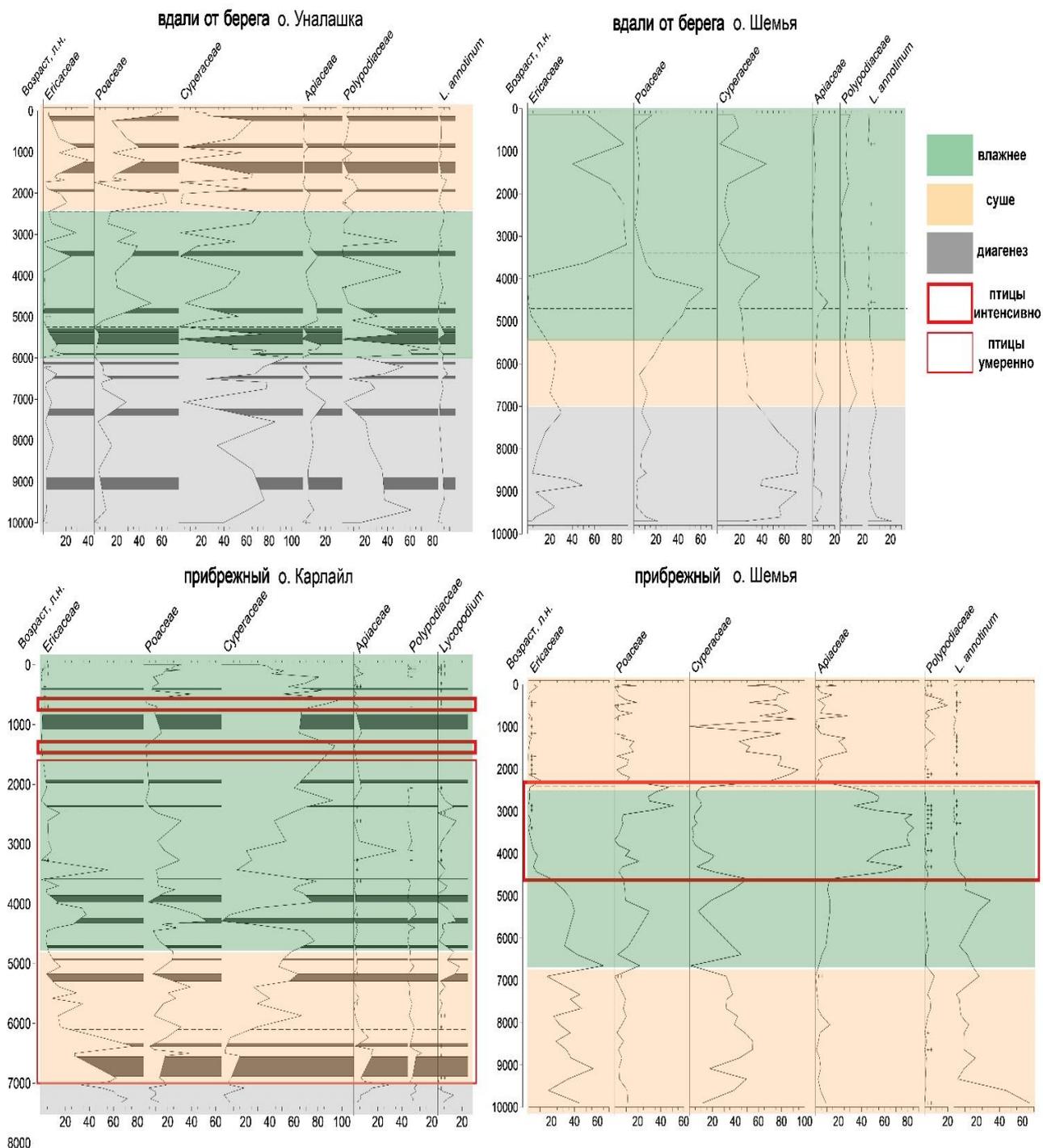


Рис. 2. Результаты реконструкций динамики растительности и локального увлажнения на островах Командорско-Алеутской гряды. Темными горизонтальными полосами отмечены слои пепла (о. Карлайл, о. Уналашка). Пунктирными линиями проведены границы пыльцевых зон, полученные с помощью стратиграфически ограниченного кластерного анализа (CONISS). Спорово-пыльцевые диаграммы приведены в сокращенном виде с доминирующими типами пыльцы. Сокращение *L. annotinum* – *Lycopodium annotinum*.

Значение $\delta^{15}\text{N}$ в удаленных от берега отложениях было около 0‰. В прибрежных отложениях выявлены периоды интенсивного (выше 9-10‰) и относительно умеренного влияния птиц (около 4-5‰) различной длительности. Торф трех из четырех отложений был подвержен диагенетическим изменениям на ранних этапах формирования (до 7000-6000 л.н.), что не позволило реконструировать локальное увлажнение в эти периоды трансформации изотопного сигнала. Динамика локального увлажнения по-разному менялась в каждом из изученных торфяных отложений (рис. 2) и в большей степени зависела от подстилающей породы, чем от климата или удаленности от берега.

Наиболее заметным образом отличалась растительность в прибрежных и удаленных от берега условиях (рис. 2). На побережье островов Карлайл и Шемья изначально были распространены кустарничковые тундры (с доминированием *Ericaceae*), устойчивые к интенсивным воздействиям ветра. Вдали от берега преобладала травяная растительность с высоким участием осок (*Cyperaceae*) как на востоке (о. Уналашка), так и на западе гряды (о. Шемья). Дальнейшая динамика прибрежной растительности в большей степени определялась влиянием морских птиц, а вдали от берега — климатом. Растительность по-разному менялась вдоль гряды, однако похолодание, начавшееся около 3000 л.н. отразилось на растительности всего региона, как по нашим (рис. 2), так и по литературным данным [3]. На восточных островах (о. Уналашка) с относительно мягким климатом распространились злаковые тундры с высоким участием вересковых кустарничков, а на западе, где температуры, в среднем ниже, — кустарничковые тундры (о. Шемья). Выпадение пеплов различной мощности не приводило к заметным изменениям растительности на востоке гряды. Выпадение череды пеплов вызывало заметное увеличение локального увлажнения на о. Уналашка и мозаичное заболачивание, не приводя, однако, к заметному изменению состава доминантов растительного покрова.

Интенсивное влияние морских птиц в течение тысячелетий привело к формированию орнитогенной растительности с доминированием зонтичных (*Ariaceae*) и злаков (*Poaceae*) на о. Шемья. На о. Карлайл умеренное воздействие птиц в течение тысячелетий и интенсивное в течение десятков и сотен лет не привели к формированию орнитогенной растительности.

Заселение островов древними алеутами вызывало сокращение колоний и влияния их гуано на прибрежную растительность.

Таким образом, динамика удаленной от берега растительности в большей степени определялась климатом. Наиболее заметно на растительность всей гряды повлияло похолодание, начавшееся около 3000 л.н. В масштабах тысячелетий вулканизм влиял на растительность островов не так значительно, как предполагалась ранее. Прибрежная растительность в большей степени зависела от привноса биогенных элементов с гуано морских птиц, чем от климатических изменений. Сокращая колонии птиц, древние алеуты опосредовано влияли на динамику растительности в большей степени, чем предполагалось ранее.

ЛИТЕРАТУРА

1. West D., Khasanov B., Krylovich O., Hatfield V., Vasyukov D., Savinetsky A. Refining the Paleo-Aleut to Neo-Aleut transition using a new ΔR for the eastern Aleutian Islands, Alaska // *Quaternary Research*. 2019. V. 91. No 3. P. 972-982.
2. Maron J.L., Estes J.A., Croll D.A., Danner E.M., Elmendorf S.C., Buckelew S.L. An introduced predator alters Aleutian Island plant communities by thwarting nutrient subsidies // *Ecological Monographs*. 2006. V. 76. No 1. P. 3-24.
3. Heusser C.J. Late Quaternary vegetation of the Aleutian Islands, southwestern Alaska // *Canadian Journal of Botany*. 1990. V. 68. No 6. P. 1320-1326.
4. Harada N., Katsuki K., Nakagawa M., Matsumoto A., Seki O., Addison J.A., Finney M., et al. Holocene sea surface temperature and sea ice extent in the Okhotsk and Bering Seas // *Progress in Oceanography*. 2014. V. 126. P. 242-253.
5. Peteet D.M., Nichols J.E., Mann D.H. Holocene Vegetation, Climate, and Carbon History on Western Kodiak Island, Alaska // *Frontiers in Earth Science*. 2019. V. 7. P. 61.

S u m m a r y.

The vegetation dynamics of the Aleutian Islands has been reconstructed in the western and eastern parts in conjunction with local conditions changes. The influence of climate, volcanism, anthropogenic and zoogenic factors on changes in plant communities was analyzed. For this purpose, radiocarbon dating, macrofossil, pollen and stable isotope analyzes were used. Vegetation dynamics differed the most between coastal and inland habitats. The climate cooling, which began circa 3000 years ago, affected the vegetation in all parts of the archipelago. The intense impact of seabirds on coastal vegetation led to the formation of ornithogenic vegetation. Ancient Aleuts hunted birds and indirectly influenced the vegetation dynamics.

**ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ С
РАСПРОСТРАНЕНИЕМ КАРСТА НАСЕЛЕНИЕМ ПОЗДНЕГО
БРОНЗОВОГО ВЕКА НА ЮЖНОМ ПРИУРАЛЬЕ (НА ПРИМЕРЕ
АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ БАССЕЙНА РЕКИ УРШАК)**

Н.Б. Щербаков¹, А.А. Гольева², И.А. Шутелева¹

¹БГПУ им. М. Акмуллы, г. Уфа, sherbakov@rambler.ru

²Институт географии РАН, Москва, golyevaaa@yandex.ru

**PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT OF FRESHWATER ECOSYSTEMS
WITH THE DISTRIBUTION OF THE KARST BY THE LATE BRONZE AGE
POPULATION IN THE SOUTHERN TRANS-URALS (BY THE EXAMPLE OF
ARCHAEOLOGICAL SITES OF THE URSHAK RIVER BASIN)**

N.B. Shcherbakov¹, A.A. Golyeva², I.A. Shuteleva¹

¹M.Akmullah Bashkir State Pedagogical University, Ufa

²Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

Аннотация.

Эта статья посвящена изучению моделей освоения территории Южного Приуралья, Демско-Уршакского междуречья в эпоху поздней бронзы. Локализация археологических памятников этого периода связана с бассейнами средних рек. Поселения и погребальные комплексы, в доминирующем отношении связанные со срубной, алакульской и абашевской археологическими культурами, концентрируются группами на микротерриториях: Старо-Яппаровский и Казбуруновский археологические микрорайоны. Объектом исследования стал Казбуруновский археологический микрорайон, расположенный в среднем течении реки Уршак и его правого притока реки Белый Ключ. Особенностью этой территории стало наличие карстовых полей, озер карстового происхождения. Обнаруженные особенности хозяйственной деятельности населения позднего бронзового века связаны с использованием гипса (сульфатного карста) в строительстве жилищ, расположенных на первых и вторых террасах рек, а иногда над старыми высохшими руслами, что приводило к засолению водных ресурсов. Строительство курганных комплексов и хозяйственная деятельность древнего населения, связанная с ранним этапом развития скотоводства, приводили к эродированию почв в округе археологических объектов. Проведенный комплекс почвенных, радиоуглеродных и изотопных анализов позволил выявить культурно-хронологическое единство групп памятников позднего бронзового века Казбуруновского археологического микрорайона, а также антропогенный фактор влияния на водные ресурсы исследуемой территории.

Ключевые слова: археология, палеопочвоведение, радиоуглеродное датирование, Южное Приуралье, поздний бронзовый век, ландшафт, водные ресурсы

Процесс освоение территории Южного Приуралья населением позднего бронзового века второй половине II тыс. до н.э., в географическом отношении связан с освоением бассейнов средних и малых рек. В природно-климатическом отношении в Башкирии были выделены одиннадцать районов, из которых в трех Демско-Чермасанском, Центрально-Прибельском и Нугушском, концентрация археологических памятников этого периода является значительной [5]. Гидрологически, все они связаны с бассейном реки Белой. В

этих районах можно выделить микротерритории, где локализуются поселения и курганные комплексы, единые в культурно-хронологическом отношении, Береговский, Казбуруновский, Старо-Яппаровский археологические микрорайоны, все они связаны с преобладающей срубной культурой. Наиболее близкими в культурном отношении являются археологические памятники ограниченные Демско-Уршакским междуречьем (Казбуруновский и Старо-Яппаровский археологические микрорайоны, находящиеся на расстоянии около 20 км друг от друга). В этих группах поселенческо-погребальных комплексов кроме преобладающего срубного компонента можно видеть срубно-алакульский, алакульский и абашевский компоненты. Объектом исследования стал Казбуруновский археологический микрорайон, на памятниках позднего бронзового века которого был применен широкий комплекс естественнонаучных методов.

Территория, выделенная в Казбуруновский археологический микрорайон, является микротерриторией с высокой концентрацией памятников археологии позднего бронзового века и раннего железного века. На этой территории находится группа из 7 поселений, 8 курганных могильников (в общей сложности 72 курганных насыпи) и 3 одиночных курганов. Из этих памятников, в настоящее время являются археологически исследованными и отнесенными к позднему бронзовому веку 7 поселений, 3 курганных могильника, соотносимых с поздним бронзовым веком. Современная сельскохозяйственная деятельность на территории, занимаемой поселениями и курганами позднего бронзового века не ведется, вследствие эродированности почв, заселения почв и водных ресурсов, которое произошло вследствие деятельности древнего населения [2].

На сегодняшний день комплекс естественнонаучных анализов был выполнен на памятниках Казбуруновского погребально-поселенческого комплекса развитого, позднего бронзового века (Усмановское I, поселение; Усмановское II поселение; Усманово-3, поселение; Казбуруновские I курганы; Казбуруновские II курганы; Казбуруновские III курганы; Мурадымовское поселение; Мурадым-7, поселение; Мурадым-8, поселение; Мурадым-9, поселение). Все указанные объекты расположены в сходных топографических условиях – в среднем течение реки Уршак на ее правобережье, с притоками (Кызыл и Белый Ключ) на протяжении 12 километров вдоль русла реки. Река Уршак является левым притоком реки Белая. Длина реки Уршак составляет 193

км, рельеф бассейна слабохолмистый с распространением карста, также обнаруживаются гипсы. Река Уршак относится к рекам равнинно-возвышенного Предуралья. Бассейн реки Уршак характеризуется низкой залесенностью. Район археологических исследований характеризуется луговыми степями, остепненными лугами с ковылем красивейшим, ковылем перистым, ковылем узколистным, мятликом узколистным, типчаком, полынью сизой, полынью австрийской, подмаренником настоящим в сочетании с липово-снытевыми и дубово-коротконожковыми лесами, а также пашней на их месте [1].

Устье реки Белый Ключ находится по правому берегу реки Уршак. Длина реки составляет 10 км. Береговая зона реки Белый Ключ сформирована визуально фиксируемыми двумя террасами, которые прорезаны несколькими пересохшими к настоящему времени водотоками. Первая терраса – нерегулярной высоты от 2,5 до 3,5 м, отстоит от уреза воды от 1 до 3 метров. Заметны понижения, переходящие в затапливаемые участки, высокие берега, неукрепленные спуски к воде. В настоящее время рельеф второй террасы сильно сглажен сельскохозяйственной деятельностью человека. Задернованность берега слабая, степная. Приречные пространства заняты сельскохозяйственными угодьями: пашнями и выпасами. По кромке первой террасы левого берега реки Белый Ключ, на всём её протяжении, проходит проселочная грунтовая дорога.

Проведенное радиоуглеродное датирование (всего получено 22 даты) археологических памятников позднего бронзового века Казбуруновского археологического микрорайона (Казбуруновские I курганы, Усманово-3, поселение, Мурадымовское поселение) представили хронологический период (1890 - 1616 cal BCE) [6].

Радиоуглеродное датирование, проведенное вслед за археологическими исследованиями, позволило рассматривать памятники позднего бронзового века в рамках Казбуруновского археологического микрорайона в качестве особого участка социокультурных взаимодействий населения Южного Приуралья. В современных исследованиях комплексов памятников присутствует тренд рассмотрения их через призму возможных взаимосвязей, что преобразует памятники одного культурно-хронологического горизонта в агломерацию множественных связей.

Исходя из результатов палеопочвенного анализа, мы можем говорить о том, что древние жители, оставившие Казбуруновский археологический микрорайон, могли быть мигрантами с более южных территорий – из сухих степей, практически полупустынь, и принесли с собой традиции домостроительства из гипса. На Мурадымовском поселении зафиксировано несколько периодов реконструкции одного и того же жилища. Гипс растворялся и концентрированными солевыми растворами стекал в ручей. На площадках Усмановского I, поселения; Усмановского II поселения; Усманово-3, поселения аналитические работы только начинаются, но общий вид территории с типичными буграми гипсового засоления позволяет предполагать, что и там была аналогичная картина. Кроме того, гипсы, растворяясь в грунтовых водах и оседая в почве, приводят и к улучшению роста лугово-злаковой растительности, что для племен эпохи поздней бронзы, с их придомным (возможно, стойловым) скотоводством, могло играть решающую роль.

В результате своей хозяйственной деятельности древние обитатели долины Уршака значительно изменили палеоландшафт, окружавший их поселки.

Таким образом, древние люди в процессе хозяйствования могли кардинально менять даже химический состав воды, рядом с местом проживания. Это может иметь как обратимый характер (Усманово), так и практически необратимый (Мурадымовское поселение) [2, 3].

Исследования почв раскопанных Казбуруновских I курганов представило интересные результаты. Почва, на которой были созданы курганы не имела верхних 15 – 20 см, то есть была сильно эродирована. Причиной эродированности может быть как природный процесс (опустынивание), так и антропогенный (перевыпас скота). Нельзя исключить и искусственное ритуальное снятие дернины и основной части гумусового горизонта. Для уточнения выводов необходимы дальнейшие исследования площадки Казбуруновских I курганов.

Проведенные анализы позволили сделать выводы о памятниках позднего бронзового века Казбуруновского погребально-поселенческого комплекса. Эта территория является агрегирующей территорией позднего бронзового века. Можно предположить, что Казбуруновские курганы являлись центром ритуальной конгрегации, вокруг которых расположены Усмановское I,

поселение; Усмановское II поселение; Усманово-3, поселение. Население позднего бронзового века существенно изменило ландшафт и водные ресурсы этой территории, что привело к невозможности их использования, и древним жителям пришлось покинуть эти места.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190169-5(FMGE-2019-0006)

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Республики Башкортостан // Отв. ред. И.М. Япаров. Уфа: Башкирская энциклопедия, 2005. 412 с.
2. Гольева А.А., Щербаков Н.Б., Шутелева И.А. Экологические особенности функционирования Усмановских поселений (Республика Башкортостан) // Экология древних и традиционных обществ. Вып. 5, Ч.1. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2016, с. 89 – 91.
3. Гольева А.А., Шутелева И.А., Щербаков Н.Б. Проблематика полеоэкологических реконструкций экспонированных культурных слоев длительного постселитебного функционирования (на примере памятников эпохи поздней бронзы Республики Башкортостан) // Поволжская археология. 2018. № 3(35). С. 45-58.
4. Кильдин А.И. Прошлое аула Мурадым по воспоминаниям ее жителей // История башкирских родов. Меркит. Том 20 / Отв. ред. С.И. Хамидуллин. Уфа: «Китап», 2016. 384 с.
5. Шакиров А. В. Природно-климатическое районирование территории Республики Башкортостан // Вестник БашГУ. 2003. № 1. С.53 - 56.
6. Krzewińska M., Kılınc G.M., Juras A., Koptekin D., Chyleński M., Nikitin A.G., Shcherbakov N., Shuteleva I., Leonova T., Kraeva L., Sungatov F.A., Sultanova A.N., Potekhina I., Łukasik S., Krenz-Niedbała M., Dalen L., Sinika V., Jakobsson M., Stora J., Gotherstrom A. Ancient genomes suggest the eastern Pontic-Caspian steppe as the source of western Iron Age nomads // Science Advances is published by the American Association for the Advancement of Science. Sci Adv 4 (10). P. 1 – 12.

S u m m a r y.

The article is devoted to the study of the models for the development of the territory of the Southern Trance-Urals, the Demsko-Urshak interfluve in the Late Bronze Age. The settlements and the burial complexes predominantly associated with the Srubnaya, Alakulskaya and Abashevskaya archaeological cultures are concentrated in groups on micro-territories. The object of the study was the Kazburun archaeological micro-district, located in the middle reaches of the Urshak River. A feature of this territory was the presence of karst fields. The discovered features of the economic activity of the population of the Late Bronze Age are associated with the use of gypsum in the construction of dwellings. The construction of the burial complexes and the economic activity of the ancient population, associated with the early stage of development of cattle breeding, led to soil erosion in the vicinity of the archaeological sites.

ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ В ГОЛОЦЕНЕ NATURAL DISASTERS IN THE HOLOCENE

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА ГОРБУНОВСКИЙ В ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ПАЛЕОАНТРАКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)

А.Т. Галимов^{1,2,3}, Т.Г. Антипина², А.В. Угрюмов³, Н.К. Панова²
¹ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург, galimov@ipae.uran.ru
²Ботанический сад УрО РАН, г.
Екатеринбург, antanya1306@mail.ru, natapanova@mail.ru
³Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург 1.saha1.1@mail.ru

RECONSTRUCTION OF FOREST FIRE DYNAMICS AT THE GORBUNOVSKY ARCHAEOLOGICAL SITE IN THE HOLOCENE (FROM PALEOANTHROLOGICAL ANALYSIS)

A.T. Galimov^{1,2}, T.G. Antipina², A.V. Ugryumov³, N.K. Panova²
¹IPAE UB RAS, Yekaterinburg, galimov@ipae.uran.ru, borodin@ipae.uran.ru
²Botanical Garden of the UB RAS, Ekaterinburg, anipina@mail.ru
³Ural Federal University, Yekaterinburg 1.saha1.1@mail.ru

Аннотация.

Представлена реконструкция динамики лесных пожаров и их влияния на растительный покров территорий, прилегающих к торфянику Горбуновское, в голоцене, выполненная по результатам изучения концентрации макроскопических частиц угля, спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования. Согласно полученным данным, установлено несколько периодов высокой интенсивности лесных пожаров. ~13000 – 10 000 лет назад на изучаемой территории преобладали разреженные елово-лиственничные леса. В условиях снижения частоты лесных пожаров (~10 000 – 6200 л. н.) увеличилось участие сосны и широколиственных пород в лесных сообществах. На время увеличения пожарной активности с 6200 по 5300 л.н. растительность была представлена елово-сосновыми лесами с примесью широколиственных пород. С началом активной хозяйственной деятельности человека около 3000 кал. л. н. воздействие лесных пожаров на растительный покров снова возросло. Показано, что периоды увеличения интенсивности лесных пожаров имели место и до начала хозяйственного освоения территории и обуславливались климатическими причинами.

Ключевые слова: лесные пожары, палеоэкология, анализ микрочастиц угля в торфе, спорово-пыльцевой анализ, голоцен, Горбуновский торфяник.

Лесные пожары – один из важнейших факторов, определяющих структуру и историю развития растительного покрова и оказывающих заметное влияние на хозяйственную деятельность и жизнь человека [1; 2].

Анализ лесных пожаров прошлого позволяет описать региональные сценарии ответа компонентов окружающей среды на антропогенные и

природные факторы, а также разработать меры по противодействию пожарной активности и восстановлению лесов, что является актуальной темой современных научных исследований. [3]

Частота лесных пожаров формируется из комплекса факторов природного (климатические условия, рельеф, структура) и антропогенного происхождения. В настоящее время накоплен большой объем научных работ, посвященных реконструкциям периодичности лесных пожаров в России в прошлом на основе многочисленных архивных данных и дендрохронологических исследований территории Сибири и Дальнего Востока [4], Северного Урала [5] подобные реконструкции выполнены также по данным анализа содержания частиц угля в торфе. Информации по пожарам Урала, не так много, что обуславливает актуальность данной работы.

Материал и методы

Горбуновский торфяник располагается на восточном склоне Среднего Урала в Свердловской области, в 5 км к югу от г. Нижний Тагил. Горбуновский археологический памятник насчитывает историю исследований более 100 лет.

Материалом для реконструкции частоты лесных пожаров послужили результаты палинологического изучения, радиоуглеродного датирования и палеоантракологического анализа археологического памятника VI Разрез на Горбуновском торфянике (57° 49' с. ш., 59° 57' в. д., 220 м над ур. м.). Торфяник лесной, низинного типа. В центральной части массива выделяются лесопокрытые площади с сосново-березовым и еловым древостоем и участки с ненарушенной торфяной залежью.

Растительный покров окружающей его территории представлен елово-сосновым зеленомошным лесом. Для изучаемого разреза получили восемь радиоуглеродных датировок, выполненных в лаборатории Курт-Энхельхорн-Центр археометрии (CEZA), Манхейм, Германия. Калибровку полученных дат осуществляли в пакете Vchron среды R с использованием калибровочной кривой IntCal20 [6]. На основе полученных датировок построена модель скорости вертикального прироста торфяной залежи в пакете Vchron среды R.

Подсчет макроскопических частиц угля в торфе осуществляли по стандартной методике [7]. Статистическую обработку полученных данных концентрации макроскопических частиц угля в торфе (рис. 3) осуществляли в программе CharAnalysis, адаптированной для среды программирования R [8].

Результаты

Скорости аккумуляции макроскопических частиц угля, а также распределения локальных пирогенных происшествий демонстрирует присутствие в совокупности 6 пожаров на локальном уровне (рис. 1).

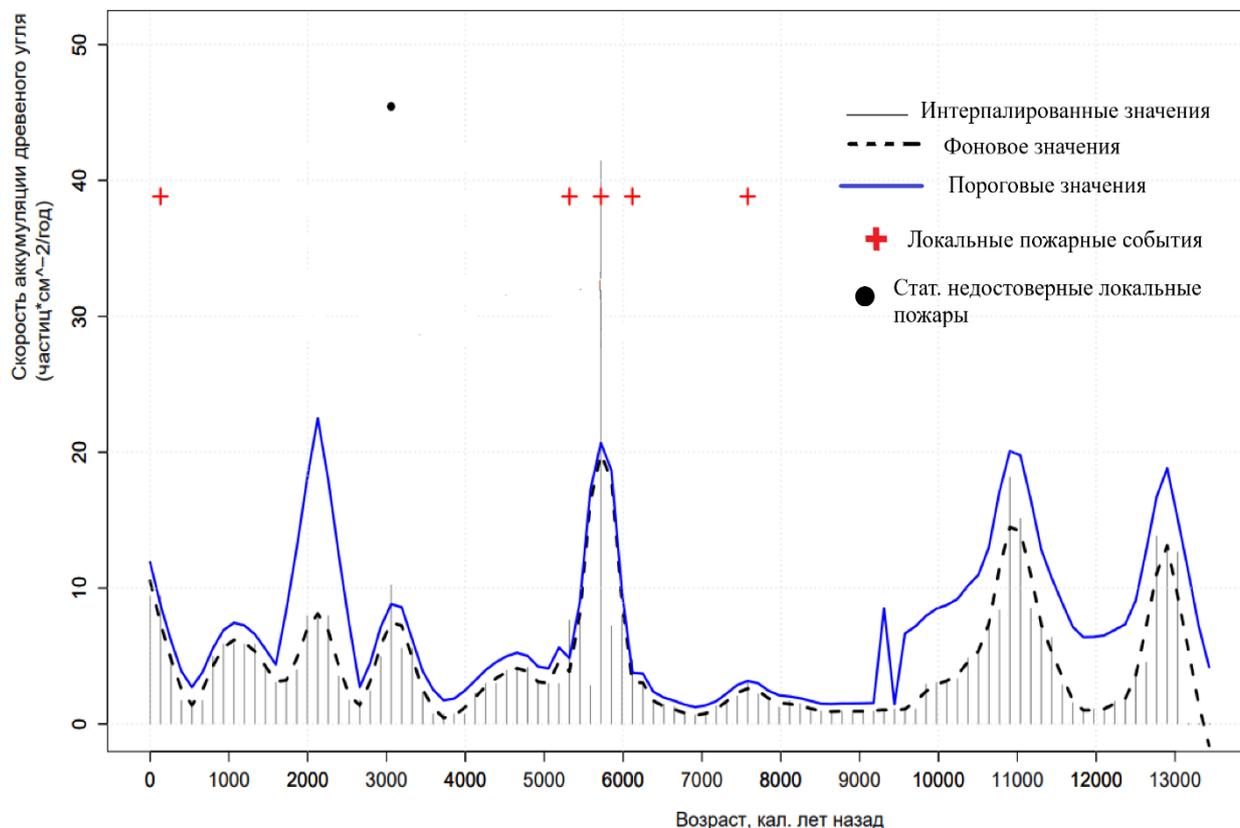


Рис. 2 Скорость аккумуляции древесного угля VI разрез Горбуновское болото

Согласно результатам радиоуглеродного датирования, первый пожар был засвидетельствован в начале развития торфяной залежи: в конце плейстоцена – начале голоцена 13 000 л. н. Скорость аккумуляции угольных частиц составляла в диапазоне от 12 и стала снижаться до 1 частицы на см²/год. Поскольку в то время существовали открытые ландшафты, есть вероятность дальнего заноса угля из более южных широт. Для периода 12000–10 000 кал. л. н. характерна повышенная скорость аккумуляции угольных частиц в диапазоне от 1 до 3 частиц на см²/год, с отдельным единичным пиком 18 частиц на см²/год.

Период 10000–6000 кал. л. н. характеризуется минимальными значениями скорости накопления угольных частиц, в среднем по 2–3 см²/год. Для данного интервала был выделен один пожар на локальном уровне, который соответствует слабо выраженному пику скорости накопления угля. Пыльцевой

комплекс характеризует растительность сосново-березового леса с небольшими примесями ели.

Временной интервал от 6000 до 5000 кал. л. н. характеризуется резким увеличением скорости аккумуляции частиц угля до 41 частиц на $\text{см}^2/\text{год}$. Для данного периода выделено несколько локальных пожарных событий. Пыльцевой комплекс демонстрирует преобладание елово-сосновых лесов с примесью широколиственных пород.

В период от 3000 до 1000 кал. л. н. скорость аккумуляции угольных частиц составляла около 5 частиц на $\text{см}^2/\text{год}$. Опираясь на материалы археологических находок [9], на данной территории можно предположить, что пожарные события имели антропогенный характер.

В последние 1000 кал. л. н. наблюдается увеличение скорости аккумуляции угольных частиц до 10 частиц на $\text{см}^2/\text{год}$. Но вероятно это никак не связано с природными пожарными событиями, а наоборот с активной деятельностью человека на данной территории.

Заключение

Представлена первая реконструкция пожарной активности Среднего Урала в голоцене по данным палеоантракологического анализа. Лесные пожары оказывали влияние на историю растительного покрова в течение последних 13000 лет. Постепенное установление более теплых условий с середины голоцена, особенно летом, наряду с развитием ландшафта, включающего легковоспламеняющиеся хвойные деревья, такие как *Pinus sylvestris*, вероятно, способствовали увеличению пожарной активности с 6000 кал. л. н. Рост частоты пожаров, связанных с антропогенным фактором, зафиксирован за последние 3000 кал. л. н. Современная пожарная активность в районе проведенного исследования идет по нарастающей.

Благодарности. Выражается благодарность научному руководителю Бородину Александру Васильевичу, сотрудникам лаборатории филогенетики и биохронологии за помощь в подготовке материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санников С. Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // Экология. 1981. № 6. С. 24–33.
2. Power M. J., Marlon J., Ortiz N. et al. Changes in fire regimes since the last glacial maximum: An assessment based on a global synthesis and an analysis of charcoal data // *Climate Dynamics*. 2008. Vol. 30, N 7-8. P. 887–907
3. Conedera M., Tinner W., Neff C., Meurer M., Dickens A. F., Krebs P. Reconstructing past fire regimes: Methods, applications, and relevance to fire management and conservation // *Quaternary Science Reviews*. 2009. Vol. 28, N 5-6. P. 555–576
4. Валендик Э. Н., Иванова Г. А. Пожарные режимы в лесах Сибири и Дальнего Востока // *Лесоведение*. 2001. № 4. С. 69–76
5. Алейников А. А., Тюрин А. В., Симакин Л. В., Ефименко А. С., Лазников А. А. История пожаров в темных хвойных лесах Печоро-Илычского заповедника со второй половины XIX века по настоящее время // *Сиб. лесной журн.* 2015. № 6. С. 31–42.
6. Reimer, P., Austin, W., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P., Bronk Ramsey, C., . . . Talamo, S. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kyr). *Radiocarbon*, 62(4), 725-757. doi:10.1017/RDC.2020.41
7. Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // *Mires and Peat*. 2011. Vol. 7. P. 1–18
8. Higuera P. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis. Bozeman: MT, Montana State University, 2009. 27 p.
9. Чаиркина Н. М. и др. Датировка, контекст, интерпретация нового деревянного сооружения VI разреза Горбуновского торфяника // *Уральский исторический вестник*. – 2019. – № 4. – С. 30-39.

Summary.

The reconstruction of the dynamics of forest fires and their influence on the vegetation cover of the territories adjacent to the Gorbunovskoye peat bog in the Holocene, based on the results of studying the concentration of macroscopic coal particles, spore-pollen analysis and radiocarbon dating, is presented. According to the data obtained, several periods of high intensity of forest fires have been established. ~13,000 – 10,000 years ago sparse spruce-larch forests prevailed in the study area. Under conditions of a decrease in the frequency of forest fires (~10,000–6200 years ago), the participation of pine and broad-leaved species in forest communities increased. During the increase in fire activity from 6200 to 5300 years ago. the vegetation was represented by spruce-pine forests with an admixture of broad-leaved species. With the beginning of active human economic activity, about 3000 cal. B.P. the impact of forest fires on vegetation increased again.

ГОЛОЦЕНОВАЯ КРИПТОТЕФРА В ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Е.А. Константинов¹, Е.А. Мазнева¹, В.В. Пономарева², М.В. Портнягин³,
А.А. Бердникова⁴, М.Ю. Александрин¹

¹*Институт географии РАН, г. Москва, eakonst@igras.ru*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

³*GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel, Киль*

⁴*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва*

HOLOCENE CRYPTOTEPHRA IN LACUSTRINE AND SWAMP DEPOSITS OF THE GREATER CAUCASUS

Е.А. Konstantinov¹, Е.А. Mazneva¹, V. V. Ponomareva², M. V. Portnyagin³, A. A.
Berdnikova⁴, M. Yu. Aleksandrin¹

¹*Institute of Geography RAS, Moscow*

²*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky*

³*GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel, Kie*

⁴*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Аннотация.

В статье приводятся результаты исследования трех колонок озерных и торфяных отложений, расположенных в пределах Большого Кавказа, которые были исследованы на предмет обнаружения рассеянных частиц вулканического пепла - криптотефры. В колонках Хорлакель и Кубус обнаружено экстремально высокое содержание частиц в горизонте с возрастом около 6000 тыс. кал.л.н. Элементарная композиция частиц вулканического стекла из этого горизонта соответствует составу проксимальных пирокластических пород Эльбруса.

Ключевые слова: криптотефра, Большой Кавказ, озерные отложения, торфяник, Эльбрус, палеовулканизм

Имеющиеся представления о четвертичной вулканической активности в пределах Большого Кавказского хребта основаны на изучении лав и пирокластических пород [1, 2, 3]. Прямое радиометрическое датирование продуктов вулканических извержений позволило геологам оценить возраст последних фаз активизации эруптивных центров в позднем плейстоцене: на Эльбрусе <35, на Казбеке <50, а на Кельском нагорье <30 тыс. лет назад. Сведения о продуктах голоценового вулканизма, особенно пирокластических, крайне скудны [4, 5, 6, 7]. Радиоуглеродные даты, полученные в нескольких разрезах по валовым образцам углей и палеопочв, позволили грубо оценить возраст голоценовых тефр Эльбруса: 7200-7500, 4600-5500 и ~2000 лет назад. Также были получены оценки возраста отложений двух лахаров в долине р. Баксан (7200 и 5800-6000 лет назад), которые возможно связаны с извержениями Эльбруса [4, 5]. Существуют упоминания голоценовых шлаков и пемз на Кельском нагорье, но их возраст неизвестен [6, 1]. Восстановление истории молодых эксплозивных извержений региона затрудняет плохая

сохранность горизонтов тефры в условиях оледенения и интенсивной эрозии горных склонов.

Для получения более полной летописи извержений кавказских вулканов нами было предпринято исследование колонок озерных и болотных отложений на предмет наличия в осадке скрытого вулканического пепла - криптотефры. В процессе таких исследований, наряду с пеплами местных вулканов, могут быть идентифицированы и пеплы весьма удаленных источников [8]. Поскольку выпадение тефры происходит практически мгновенно, ее прослой образует изохрону, которая позволяет прямо коррелировать удаленные разрезы, опираясь на уникальность химического состава вулканического стекла для каждого извержения. Небольшие озера и торфяники с маленьким водосбором представляют собой наиболее подходящие седиментационные ловушки. Благодаря устойчивому осадконакоплению и низкой вероятности эрозии озерные и болотные седиментационные палеоархивы являются более надежными источниками палеовулканонологической записи, чем почвенно-пирокластический чехол подножий вулканов.

Нами были исследованы три керны – два из отложений озер Хуко и Хорлакель и один – из торфяника Кубус. Идентификация частиц тефры и подсчет концентрации частиц проводился в шлифах под оптическим микроскопом по методике S.M. Davies [8] и S.P.E. Blockley [9]. Из всех кернов были отобраны непрерывные бороздовые пробы длиной по 10 см (Хуко, Хорлакель) и 5 см (Кубус) на предмет обнаружения криптотефры. Элементный анализ отдельных частиц тефры был выполнен методом EMPA на электронном микрозонде в институте GEOMAR (г. Киль, Германия).

Озеро Хуко расположено в небольшой тектонической депрессии на одном из хребтов Западного Кавказа на границе Краснодарского края и Республики Адыгея (N 43.937762, E 39.803470) на расстоянии ~220 км от в. Эльбрус. Высота уреза озера 1744 м н.у.м. Длина озера ~ 260 м, ширина ~ 150 м. Керн, имеющий длину 2 м, был получен экспедицией Института географии РАН в 2016 году. По керну ранее было получено 7 радиоуглеродных AMS дат, построена возрастная модель и выполнен комплекс анализов [10]. Согласно датам, основание керна имеет возраст около 10,5 кал. тыс.л. Озеро Хуко. Частицы вулканического стекла были обнаружены в значительных концентрациях по всему керну – от 200 до 2500 частиц/грамм. Преобладают

мелкие частицы размером 30-50 мкм. Максимум концентрации частиц приходится на верхнюю часть керна – интервал 10-30 см. Фоновое содержание частиц в интервалах 2-10 и 20-30 см изменяется от 200 до 1000 частиц/грамм. На этом фоне ярко выделяется пик концентрации в образце 22-23 см (610-1033 кал.л.н.), где содержание тефры составляет 3700 частиц на грамм. Такой ярко выраженный пик дает основания предполагать, что этому уровню соответствует вулканическое извержение. Также высокое содержание тефры отмечается в интервалах 3-4 см (> 1000 зерен/гр., 42-93 кал.л.н.), 10-20 см (> 2500 зерен/гр., 131-696 кал.л.н.), 40-50 см (> 2200 зерен/гр., 1142-2136 кал.л.н.), 90-100 см (>1700 зерен/гр., 3083-3962 кал.л.н.), 120-130 см (> 1400 зерен/гр., 4212-5531 кал.л.н.), 150-160 см (> 1200 зерен/гр., 5429-6778 кал.л.н.), 190-198 см (> 1100 зерен/гр., 8190-10120 кал.л.н.). К настоящему времени проведено микронзондовое и LA-ICP-MS изучение пепловых частиц из интервалов 3-4 и 21-22, 22-23, 23-24 см. По содержанию главных элементов стекла близки стеклам из голоценовой тефры Эльбруса, однако микроэлементный состав указывает на другой вулкан-источник этого пепла. Дополнительным указанием на принадлежность этой криптотефры удаленному источнику является отсутствие исторических сведений об извержениях вулканов Главного Кавказского хребта в последнюю тысячу лет.

Озеро Хорлакель (N 43.493145, E 42.218746) расположено в горах Карачаево-Черкессии на склоне Передового хребта в междуречье рек Худес и Хурзук на высоте 2040 м н.у.м. и в 24 км к СЗ от западной вершины вулкана Эльбрус. Керн озера Хорлакель, имеющий длину 2,5 м, был отобран экспедицией Института географии РАН в 2017 году. По керну получено 12 радиуглеродных дат, согласно которым возраст колонки составляет 1000-8000 кал. л. Изучение оптических шлифов с «риолитовой» фракцией показало, что в осадке наряду с мелкими вулканическими стеклами (30-50 мкм) присутствуют и крупные (до 300 мкм) пемзовидные и композиционные частицы (шлаки), включающие, наряду со стеклом, множество микрокристаллов в своей структуре. Концентрация вулканических частиц изменяется по колонке от нуля до очень высоких значений - 56 тыс. частиц/грамм. Пики концентрации приходятся на интервалы: 10-20 см (> 18000 зерен/гр., 1406-2324 кал.л.н.), 50-60 см (> 20000 зерен/гр., 2972-3515 кал.л.н.), 193-203 (> 56000 зерен/гр., 5108-5883 кал.л.н.), 213-223 см (> 17000 зерен/гр., 5923-6509 кал.л.н.). В интервале

213-223 см (5923-6509 кал.л.н.) были обнаружены самые крупные частицы тефры. Анализы показали, что частицы представлены фрагментами пористых пород, в которых присутствуют высококремнистые стекла, близкие по составу голоценовой тефре Эльбруса. По всей видимости, данная тефра представляет собой продукт дробления вязкого лавового купола.

Болото Кубус расположено в Дигорском ущелье на территории национального парка Алания (N 42.89368, E 43.57733) в ~100 км к ЮВ от Эльбруса и ~70 км к ЗСЗ от Казбека и Кельского нагорья. Это болото расположено в небольшой низине (200x100 м) в пределах седловины между горой Кубус и отрогом Главного хребта на высоте 2080 м н.у.м. Болото имеет скальные и каменистые берега, в него не впадает постоянных водотоков. Мощность торфяной залежи варьирует от 0,5 до 5,5 м. В наиболее глубоком участке сотрудниками отдела Палеогеографии четвертичного периода ИГ РАН в 2019 г. была пробурена скважина и отобран керн. Верхние 4 м керна представлены бурым сфагновым и осоковым торфом низкой степени разложения с включением фрагментов древесины. Нижние 1,5 м керна представлены органоминеральным илом (гиттией) с прослоями торфа в верхней части, что говорит об озерных условиях осадконакопления. По колонке получено восемь ^{14}C AMS дат в радиоуглеродной лаборатории Института географии РАН (совместно с Центром прикладных изотопных исследований Университета Джорджии, США). Согласно датам, торфяная часть разреза отвечает голоцену, а озерная гиттия – позднеледниковому этапу. Возраст основания колонки составляет около 16000 кал. л.

К настоящему времени обработана верхняя торфяная часть керна (375 см). Количество вулканического пепла изменяется от 110 до 85 000 частиц на грамм. Присутствуют как прозрачные вулканические частицы, так и крупные шлаковые зерна с микрокристаллами. Размер частиц изменяется от 30 до 200 мкм, преобладают зерна размером 30-75 мкм. Пики концентрации вулканического стекла приходятся на следующие интервалы: 15-20 см (>4000 зерен/гр., 119-827 кал.л.н.), 40-45 см (>1900 зерен/гр., 655-1397 кал.л.н.), 70-75 см (>2700 зерен/гр., 1598-3297 кал.л.н.), 114-116 см (>85000 зерен/гр., 4640-6319 кал.л.н.), 145-150 см (>8900 зерен/гр., 6770-7686 кал.л.н.), 165-170 см (>5900 зерен/гр., 7264-8267 кал.л.н.), 185-190 см (>3600 зерен/гр., 7876-8713 кал.л.н.), 210-215 см (>1900 зерен/гр., 8595-9114 кал.л.н.), 270-275 см (>3500

зерен/гр.,9237-9864 кал.л.н.), 295-300 см (>1700 зерен/гр.,9529-10144 кал.л.н.), 320-325 см (>1500 зерен/гр.,9838-10392 кал.л.н.). По макроэлементному составу стекла интервала 114-116 (4640-6319 кал.л.н.) близки стеклам голоценовой тefры Эльбруса.

В колонках Хорлакель и Кубус обнаружено экстремально высокое содержание частиц в горизонте со средним возрастом около 6000 тыс. кал.л.н. Результаты геохимического исследования позволяют предварительно отнести тefры данного интервала к Эльбрусскому вулканическому центру. Весьма вероятно, что обнаруженный горизонт криптотефры может отвечать крупнейшему эксплозивному извержению вулкана Эльбрус в голоцене.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ DFG № 20-55-12011.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев, В.А., Вашакидзе, Г.Т., Арутюнян, Е.В., Якушев, А.И. Геохронология и особенности эволюции четвертичного вулканизма Кельского нагорья (Большой Кавказ) // Геохимия. – 2011. – №11. – С.1189–1215.
2. Лебедев, В.А., Парфенов, А.В., Вашакидзе, Г.Т., Габарашвили, К.А., Чернышев, И.В., Тогонидзе, М.Г. Хронология магматической активности и петролого-минералогические характеристики лав четвертичного вулкана Казбек, Большой Кавказ // Петрология. – 2018. – №26(1). – С. 3–33.
3. Лебедев, В.А., Чернышев, И.В., Чугаев, А.В., Гольцман, Ю.В., Баирова, Э.Д. Геохронология извержений и источники вещества материнских магм вулкана Эльбрус (Большой Кавказ): результаты К-Ar и Sr-Nd-Pb изотопных исследований // Геохимия. – 2010. – № 1. – С. 45–73.
4. Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г. и др. Катастрофическая плейстоценовая и голоценовая активность вулканического центра Эльбрус (Северный Кавказ, Россия): события и хронология по данным ^{14}C , ЭПР и К-Ar датирования // Вулканология и сейсмология. – 2001. – №. 2. – С. 3–17.
5. Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г., Сулержицкий Л.Д., Катов Д.М., Пурига А.И. Радиоуглеродное датирование голоценовых извержений вулкана Эльбрус (Северный Кавказ, Россия) // ДАН. – 1998. – Т.363. – №2. – С. 219–221.
6. Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Лексин А.Б. и др. Плиоцен-четвертичные пеплы на территории Южного Федерального Округа (проблемы, парадоксы, идеи) // Вестник Владикавказского научного центра. – 2011. – №11(3). – С. 39–47.
7. Краевая Т.С. Генетические типа плейстоцен-голоценовых и современных грубообломочных образований Эльбруса // Вулканология и сейсмология. – 1985. – №6. – С. 20–32.
8. Davies S.M. Cryptotephra: the revolution in correlation and precision dating // Journal of Quaternary Science. – 2015. – Vol. 30(2). – P. 114-130.
9. Blockley S.P.E., Pyne-O'Donnell S.D.F., Lowe J.J., Matthews I.P., Stone A., Pollard A.M., Turney C.S.M., Molyneux E.G. A new and less destructive laboratory procedure for the physical separation of distal glass tephra shards from sediments // Quaternary Science Reviews. – 2005. – Vol. 24. – P. 1952–1960.

10. Grachev A.M., Novenko E.Y., Grabenko E.A., Alexandrin M.Y., Zazovskaya E.P., Konstantinov E.A., Shishkov V.A., Lazukova L.I., Chepurnaya A.A., Kuderina T.M. et al. The Holocene paleoenvironmental history of Western Caucasus (Russia) reconstructed by multi-proxy analysis of the continuous sediment sequence from Lake Khuko // *The Holocene*. – 2021. – Vol. 31(3). – P. 368-379.

S u m m a r y.

The article presents the results of a study of three columns of lacustrine and peat deposits located within the Greater Caucasus, which were examined for the detection of scattered particles of volcanic ash - cryptotephra. In the Khorlakel and Kubus cores, an extremely high content of particles was found in the horizon with an age of about 6000 ka cal BP. The elemental composition of glass particles from this horizon corresponds to the composition of the proximal pyroclastic rocks of Elbrus.

ИСТОРИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ ОКИ В ГОЛОЦЕНЕ

Д.А. Куприянов^{1,2}, Е.Ю. Новенко^{1,3}, Н.Г. Мазей¹, Е.М. Волкова⁴

¹*МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, natashamazei@mail.ru*

²*Институт археологии РАН, г. Москва, dmitriykupriyanov1994@yandex.ru*

³*Институт географии РАН, г. Москва, lenanov@mail.ru*

⁴*Тульский государственный университет, г. Тула, convallaria@mail.ru*

HISTORY OF FOREST FIRES IN THE MIDDLE OKA BASIN IN THE HOLOCENE

D.A. Kupriyanov^{1,2}, E.Yu. Novenko^{1,3}, N.G. Mazei¹, E.M. Volkova⁴

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

²*Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

³*Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

⁴*Tula State University, Tula*

Аннотация.

Представлена реконструкция истории лесных пожаров и их взаимосвязь с историей развития растительного покрова в голоцене в бассейне средней Оки на основе палеоантракологического анализа и сравнения в палинологическими данными. Показана связь изменения длительности межпожарных интервалов с изменением растительного покрова: в периоды частых лесных пожаров в раннем голоцене и в последние 2000 лет увеличивается доля сосново-берёзовых лесов, тогда как в периоды с длительными межпожарными интервалами увеличивается доля широколиственных порода в составе древостоев. Периоды увеличение активности лесных пожаров связаны как с климатическими изменениями, так и с антропогенным воздействием.

Ключевые слова: палеоантракологический анализ, лесные пожары, спорово-пыльцевой анализ, голоцен, среднее течение Оки

Лесные пожары, изменения периодичности которых определяются как климатическими, так и антропогенными причинами, выступают в роли одного из важнейших факторов функционирования экосистем. Основными видами анализа долгопериодной динамики лесных пожаров является анализ макрочастиц угля в торфяных отложениях. Однако основные факторы изменения периодичности лесных пожаров можно выявить только используя другие анализы торфяной толщи, в первую очередь, спорово-пыльцевой.

Материалом для исследования послужили разрезы двух болот. Болото Капелька ($54^{\circ}51'46''$ с.ш.; $41^{\circ}07'52''$ в.д.) расположено на второй надпойменной террасе Оки в пределах Касимовского района Рязанской области. Болото мезотрофное, занимает имеет ассиметричную в плане форму и занимает закарстованную котловину выдувания в пределах второй надпойменной террасы Оки. Мощность торфяной залежи составляет 250 см. Торфа подстилаются среднезернистыми песками. Болото Клюква ($53^{\circ}50'5''$ с.ш.; $36^{\circ}15'9''$ в.д.) расположено на склоне водораздела, обращённого к правому борту долины Оки в пределах Белёвского района Тульской области. Болото олиготрофное, занимает суффозионно-карстовую котловину. Мощность вскрытой торфяной залежи составляет 235 см. Торфа подстилаются среднезернистыми флювиогляциальными песками. Оба болотных комплекса имеют площадь около 1 га.

Для реконструкции истории лесных пожаров использовался стандартный метод анализа макроскопических (т.е. размером более 100 мкм) частиц угля в болотных отложениях [1]. Образцы торфа объёмом 1 см³ брались из торфяной колонки непрерывно каждый 1 см, отбеливались в водном растворе NaOCl и промывались через сито. Подсчёт макроскопических частиц угля производился под бинокляром при увеличении 40-х.

Временная основа полученных реконструкций обеспечивается 7-ю радиоуглеродными датировками для болота Капелька и 5-ю датировками для болота Клюква. Определение радиоуглеродного возраста отложений болота проведено в ЦКП Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии” Института географии РАН (Москва). Расчёты скорости аккумуляции отложений выполнены при помощи программы Bacon [2].

Обработка полученных данных (пересчёт значений концентрации макроскопических частиц угля в CHAR – скорости аккумуляции угля,

выделение фоновых и пороговых значений концентрации и выявление локальных пожарных эпизодов, т.е. лесных пожаров происходивших непосредственно на самом болоте и/или на прилегающей территории радиусом до нескольких километров, а также расчёт межпожарных интервалов) проводилась в программном пакете taras [3], являющимся адаптированной для программной среды R и модифицированной версией программы CharAnalysis [4]. Для обработки результатов палеантракологического анализа разреза болота Капелька использовалась сглаживающая кривая скользящей медианы в ременным окном 300 лет, для разреза Клюква использовалась сглаживающая кривая локальной линейной регрессии с робастными весами с временным окном 350 лет. Полученные результаты сравнивались с ранее опубликованными результатами спорово-пыльцевого анализа для представленных разрезов [5, 6].

Результаты анализа содержания макроскопических частиц угля в отложениях болота Капелька (рис.1) показывают, что скорость аккумуляции макроугля в голоцене был неравномерной. В интервале 12400-10000 кал. лет назад скорости накопления угля в торфе колебались от 3 до 70 частиц на см² в год, с максимумом около 12000 кал. лет назад и трендом на снижение в начале голоцена. Выделено 10 локальных пожарных эпизодов с межпожарным интервалом 120-500 лет. Затем скорости аккумуляции угля снижаются практически до нуля, но резко возрастают в интервале 8600-8300 кал. лет назад до значений 120 частиц на см² в год и межпожарным интервалом около 100 лет. Согласно палинологическим данным [5] этому периоду соответствует период доминирования сосново-берёзовых лесов, но с большой долей злаков и антропогенных индикаторов, что вкупе с археологическими данными говорит об активном воздействии человека на экосистемы. После 8300 кал. лет назад и до наших дней значения скоростей аккумуляции частиц угля колеблются в диапазоне от 0 до 5 частиц на см² в год с максимум накопления 6200, 5500, 4300-3200 и 1200-900 кал. лет назад. Межпожарные интервалы изменяются от более чем 2000 лет в среднем голоцене до 150 лет в интервале 2500-2000 и 1200-900 кал. лет назад. Длительные межпожарные интервалы соответствуют этапу возрастания доли широколиственных пород в составе древостоев, что, вероятно, обусловлено тёплым и влажным климатом. Дальнейший тренд на снижение длительности межпожарных интервалов совпадает с постепенным снижением в пыльцевых спектрах доли широколиственных пород.

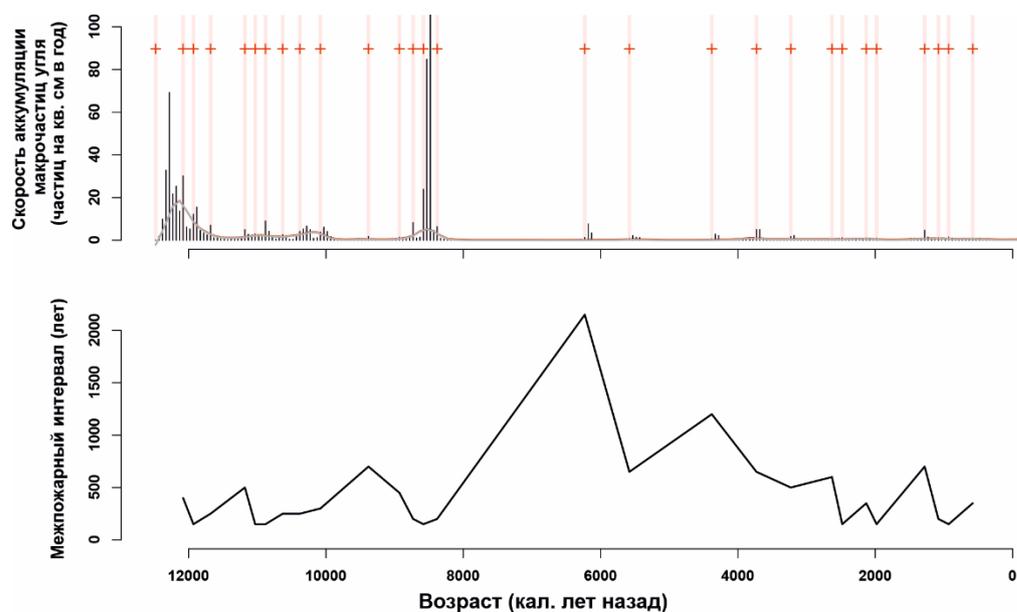


Рис. 1. Интерполированные, фоновые (красная линия), пороговые (синяя линия) значения скоростей аккумуляции макроскопических частиц угля в торфе, локальные пожарные эпизоды (красные крестики) и межпожарные интервалы по данным разреза болота Капелька.

Содержание макроугля в разрезе болота Клюква (рис. 2) также распределяется неравномерно. В интервале 8400-8000 значения CHAR почти равны нулю, то уже в интервале 8000-6300 кал. лет назад значения CHAR находятся в диапазоне от 2 до 6 частиц на см^2 в год. Согласно палинологическим данным [6] в это время происходит постепенное внедрение в состав древостоев широколиственных пород. В интервале 6300-1800 кал. лет назад скорости аккумуляции угля падают почти до нуля, за исключением резких, но коротких всплесков 5400-5200, 4800, 4200-3900, 3300 и 3000 кал. лет назад. Межпожарные интервалы составляют от 200 до 1000 лет. В начале этого периода происходит максимальное распространение широколиственных пород, но затем общий тренд на снижение длительности межпожарных интервалов соответствует снижению доли широколиственных пород в составе древостоев, а отдельные пожарные эпизоды соответствует периодам всплеске содержания пыльцы растений-антропогенных индикаторов что говорит, об антропогенном характере пожаров. Резкое увеличение аккумуляции угля в последние 1800 лет с одновременным снижением межпожарных интервалов до 100-250 лет коррелирует с увеличением антропогенного воздействия в окрестностях изучаемого болота, подтверждаемого как палинологическими так и археологическими данными.

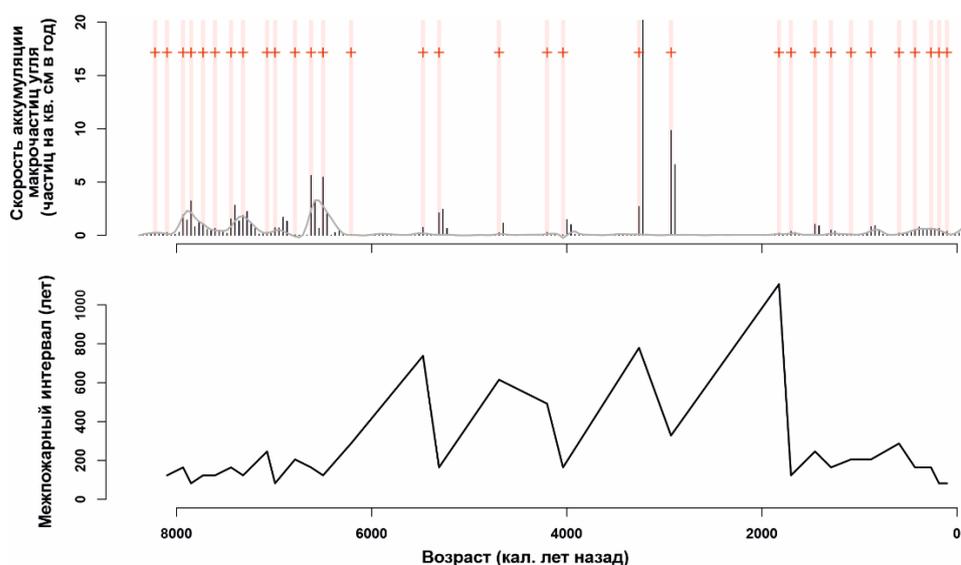


Рис. 2. Интерполированные, фоновые (красная линия), пороговые (синяя линия) значения скоростей аккумуляции макроскопических частиц угля в торфе, локальные пожарные эпизоды (красные крестики) и межпожарные интервалы по данным разреза болота Клюква.

Исследование выполнено при поддержке проекта РФФИ № 20-05-00234.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // *Mires and Peat*. 2011. Vol. 7. P. 1–18.
2. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process, *Bayesian Analysis*, 2011, vol. 6(3), p. 457–474.
3. Finsinger W., Bonnici I. *tapas: an R package to perform trend and peaks analysis*. 2022.
4. Higuera P. *CharAnalysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis*. Bozeman: MT, Montana State University, 2009. 27 p.
5. Баталова В.А., Мазей Н.Г. Динамика растительности и пожаров юго-восточной Мещёры в голоцене: реконструкция по палеоэкологическим данным // *Известия Русского географического общества*. 2021. Т. 153, № 3. С. 34–46.
6. Новенко Е.Ю., Цыганов А.Н., Волкова Е.М., Бабешко К.В., Мазей Ю.А. Динамика растительности и климата на северо-западе Среднерусской возвышенности в голоцене // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2014. № 6. С. 24–31.

ОСНОВНЫЕ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ВЫСОКОГОРНЫХ ДОЛИНАХ АЛТАЯ В ГОЛОЦЕНЕ НА ПРИМЕРЕ ХРЕБТОВ ЮЖНО-ЧУЙСКИЙ, ЧИХАЧЁВА, ЦАМБАГАРАВ

Р.К. Непоп¹, А.Р. Агатова¹, Д.А. Ганюшкин², Д. Отгонбаяр³

¹ИГМ СО РАН им. В.С. Соболева, г. Новосибирск, agatr@mail.ru

²СПбГУ, г. Санкт-Петербург, d.ganyushkin@spbu.ru

³Ховдский Государственный Университет, г. Ховд, Монголия, summit_aamo@mail.ru

MAJOR HOLOCENE RELIEF-FORMING PROCESSES IN THE ALTAI HIGH- MOUNTAIN VALLEYS ON THE EXAMPLE OF THE SOUTH-CHUYA, CHINACHEV, TSAMBAGARAV RANGES

R.K. Nepop¹, A.R. Agatova¹, D.A. Ganyushkin², D. Otgonbayar³

¹*Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk*

²*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

³*Khovd State University, Khovd, Mongolia*

Аннотация.

Глобальные изменения климата и деградация последнего плейстоценового оледенения в высокогорных хребтах Алтая привели к смене основных рельефообразующих процессов в троговых долинах в голоцене. Многие из этих процессов, такие как сели, обвалы оползни, лавины, прорывы моренно-подпрудных озер, являются опасными для человека. Выявление их динамики с применением комплекса геохронологических методов является актуальной задачей. Многолетние исследования в долинах хребтов Алтая позволили реконструировать стадии наступания и масштабы продвижения горно-долинного оледенения в неогляциале (долина Аккола в Южно-Чуйском хребте), периодичность селей (долина Богуты в хребте Чихачёва), последствия схода сейсмогенных ледово-каменных лавин (долина Зуслана в хребте Цамбагарав).

Ключевые слова: Алтай, высокогорные долины, рельефообразующие процессы, геохронология.

Деградация последнего плейстоценового оледенения привела к смене основных рельефообразующих процессов на склонах и днищах освободившихся ото льда высокогорных долин Алтая. Широкое развитие получили склоновые, аллювиальные, мерзлотные процессы, в верховьях трогов в стадии похолоданий формировались и наступали ледники. Многие из этих процессов являются катастрофическими и опасны для человека. Соответственно, изучение их динамики с применением комплекса геохронологических методов (радиоуглеродного, люминесцентного, дендрохронологического) имеет и фундаментальную, и прикладную значимость.

Благодаря находкам погребенных почв и палеодеревьев в верховье долины Аккола в Южно-Чуйском хребте стало возможным уточнить ранее предложенные реконструкции времени и масштаба наступания ледников во

второй половине голоцена [1, 2]. В верхней и средней частях долины Аккола было проведено описание и опробование 15 разрезов в разных геоморфологических позициях – на моренах, осыпях, обвалах, речных террасах и пойме. Получено более 30 ^{14}C дат и одна OSL дата, проведено дендрохронологическое датирование 6 палеостволов *Pinus sibirica Du Tour*, обнаруженных на морене Исторической стадии. Полученные результаты подтвердили развитие среднеголоценовых почв в верховьях долины Аккола: погребенные флювиальными и склоновыми отложениями они были обнаружены как на расстоянии около 1 км ниже по долине от фронта морены Исторической стадии, так и на обвалах непосредственно перед этой мореной. При этом следы аккумулятивного либо экзарационного воздействия ледников в исследуемых почвенно-седиментационных сериях не установлены. Напротив, значительное воздействие на осадконакопление и рельеф в верхней и средней частях долины оказывали озерные и флювиальные процессы. Отсутствие археологических памятников на участке между комплексом конечных морен стадий Актру (Малого ледникового периода, ЛИА) и Исторической и современными реликтовыми озерами Аккуль и Каракуль косвенно подтверждает относительно недавнюю – в последней трети голоцена – перестройку гидросети и связанного с ней морфолитогенеза в долине р. Аккол. Полученные датировки погребенных (но не моренами!) почв непосредственно ниже морены Исторической стадии позволяют говорить о том, что в ходе наступания около 4.9-4.2 тыс. л.н. ледники ЮВ Алтая были близки по размерам либо меньше ледников Исторической стадии [3]. Такой сценарий динамики оледенения ЮВ Алтая более близок к реконструкциям оледенения других горных систем мира. Особенностью голоценового оледенения ЮВ Алтая, как и некоторых других горных систем Центральной Азии, является то, что размеры ледников в Малую ледниковую эпоху (стадия Актру на Алтае) были меньше, чем в предшествующую стадию, что обусловлено прогрессирующей аридизацией климата.

На основании комплекса геолого-геоморфологических, геохронологических (^{14}C), палеонтологических и геоархеологических данных реконструирована эволюция гидрологической системы долины Богуты в хребте Чихачева за последние 14 тысяч лет [4]. Формирование серии проточных моренно-подпрудных озер в долине, а также множества термокарстовых озер

на поверхности моренного чехла связано с деградацией покровного плейстоценового оледенения Богутинской впадины – восточного ответвления крупнейшей на Алтае Чуйской впадины.

На основе изучения 7 обнажений и более чем 20 радиоуглеродных дат реконструирована хронология селей за последние 8 тысяч лет в долине безымянного притока озера Нижние Богуты [5]. Селевые события происходили здесь в период между 8000–7000 л.н., 2900–1000 л.н., а также около 650 и 300 л.н. и в 2017 г. Показано, что в настоящее время сели возникают в этом аридном и практически уже лишенном современного оледенения районе преимущественно за счет деградации мерзлоты и таяния снега, приводящих к наполнению цепочки локальных озер. Периодическое переполнение этих озер приводит к сбросу воды в нижнюю, более крутую, часть долины притока, где водный поток, приобретая значительную энергию, перемещает и уже перемытый, и оползающий со склонов крупновалунный моренный материал. Большое количество селей, зафиксированное во второй половине голоцена, может быть связано как с лучшей сохранностью следов более молодых событий, так и с возможной активизацией селевых процессов в неогляциале. Именно селевая активность привела к глубоким эрозионным врезам на днище этой долины и формированию серии обнажений. Радиоуглеродное датирование вскрытых палеопочв и торфов позволило датировать перекрывающие и подстилающие их селевые отложения.

Оперативная документация последствий Цамбагаравского землетрясения 23 июля 1988 г. ($M = 6,4$) советскими и монгольскими специалистами [6] позволила нам на примере долины Зуслан-гол в хребте Цамбагарав (Монгольский Алтай) оценить влияние сейсмического процесса на сокращение горного оледенения и рельеф троговых долин в аридном районе Центральной Азии [7]. В 1988 г. в бассейне р. Зуслан через 13 дней после землетрясения сход фрагмента одного из ледников инициировал ледово-каменную лавину «на воздушной подушке». Ее отложения мощностью до 30 м перекрыли долину на протяжении 5 км. Анализ разновременных космоснимков и мониторинговые маршрутные исследования показали, что в результате землетрясения «пострадавший» ледник № 15 одновременно лишился 0,1 км² языковой части (10,4% всей площади), а в 1988–2015 гг. потерял 56% своей площади, тогда как соседние ледники №16 и 17, схожие по размерам и той же экспозиции,

потеряли значительно меньше – 35% и 15% площади соответственно. Быстрое сокращение не только языка, но и зоны аккумуляции, установленный дефицит объема льда в отколотой части языка по сравнению с первоначальной оценкой и аномально длинный путь лавины позволили уточнить факторы и механизм ее инициации: к быстрому сходу отколотого блока льда в языковой части могло привести падение ледово-снежного карниза из зоны аккумуляции. В 2004 г., через 16 лет после схода лавины, погребенный лед в ее отложениях еще частично сохранялся, полностью деградировав к 2019 г. Длительность процесса деградации льда обусловлена большим содержанием (около половины объема) обломков горных пород в отложениях лавины, забронировавших ее поверхность. Обломочный материал лавины повторяет рельеф подстилающих плейстоценовых морен, что может осложнить реконструкцию количества, масштаба и возраста ледниковых событий в лавиноопасных районах. Цамбагаравское землетрясение продемонстрировало реальную возможность катастрофического поступления по долинам большого объема ледово-каменного материала из верхнего нивально-гляциального пояса к подножию высокогорных хребтов Алтая, что необходимо учитывать в хозяйственной деятельности. Быстрое затушевывание следов лавин последующими геоморфологическими процессами позволяет предполагать, что сходы крупных лавин, в том числе сейсмической природы, происходили в хребтах Алтая чаще, чем можно установить сейчас в рельефе.

Исследование выполнено при поддержке РФФ (грант 22-27-00447).

ЛИТЕРАТУРА

1. Галахов В.П., Назаров А. Н., Харламова Н.Ф. Колебания ледников и изменения климата в позднем голоцене по материалам исследований ледников и ледниковых отложений бассейна Актру (Центральный Алтай, Северо-Чуйский хребет). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2005. 132 с.
2. Agatova A.R., Nazarov A.N., Nepop R.K., Rodnight H. Holocene glacier fluctuations and climate changes in the southeastern part of the Russian Altai (South Siberia) based on a radiocarbon chronology // *Quaternary Science Reviews*. 2012. V. 43. P. 74-93.
3. Agatova A. Nepop R., Nazarov A., Ovchinnikov I., Moska P. Climatically Driven Holocene Glacier Advances in the Russian Altai Based on Radiocarbon and OSL Dating and Tree Ring Analysis // *Climate*. 2021. V. 9. №11. P. 162.
4. Nepop R.K., Agatova A.R., Uspenskaya O.N. Climatically driven late Pleistocene–Holocene hydrological system transformation and landscape evolution in the eastern periphery of Chuya basin, SE Altai, Russia // *Quaternary International*. 2020. V. 538. P. 63-79.
5. Непоп Р.К., Агатова А.Р. Радиоуглеродная хронология голоценовых селей в долине реки Богуты (Русский Алтай) // *География и природные ресурсы*. 2019. №1. С. 79-87.

6. Авдеев В.А., Нартов С.В., Балжинням И., Монхоо Д., Эрдэнбилэг Б. Цамбагаравское землетрясение 23 июля 1988 г. (Западная Монголия) // Геология и геофизика. 1989. №11. С. 118-124.

7. Agatova A., Nepor R., Ganyushkin D., Otgonbayar D., Griga S., Ovchinnikov I. Specific Effects of the 1988 Earthquake on Topography and Glaciation of the Tsambagarav Ridge (Mongolian Altai) Based on Remote Sensing and Field Data // Remote Sensing. 2022. V. 14. №4. P. 917.

S u m m a r y.

Long-term studies of major topography-forming processes in the Altai mountain valleys applying geochronological methods made it possible to reconstruct the stages of glacier advance as well as their extent in the neoglacial (Akkol valley, South Chuya range), the recurrence of debris flow events (Boguty valley, Chikhachev range), surface effects of ice-rock avalanche of seismic origin (Zuslan valley, Tsambagarav range).

ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ ТЮМЕНИ НА ПРОТЯЖЕНИИ 9000 ЛЕТ

М.И. Нестерова¹, Н.Е. Рябогина²

¹ Тюменский государственный университет, Институт наук о Земле, г. Тюмень,
nesterova.masha.2000@mail.ru

² Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень, *nataly.ryabogina@gmail.com*

FOREST FIRES DYNAMICS OF THE TYUMEN CITY SURROUNDINGS DURING 9000 YEARS

M.I. Nesterova¹, N.E. Ryabogina²

¹ Tyumen State University Institute of Geosciences, Tyumen, *nesterova.masha.2000@mail.ru*

² Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, *nataly.ryabogina@gmail.com*

Аннотация.

На основе подсчета макроскопических частиц угля в торфе болота Ошуковское проанализированы закономерности изменения пожарной динамики в подтаежной зоне Западной Сибири на протяжении девяти тысяч лет. Установлено, что на местном уровне частота пирогенных событий имеет слабую связь с изменениями тепло- и влагообеспеченности. Однако при увеличении доли сосновых лесов частота пожаров, как правило, возрастает. Прямая положительная связь выявлена при сопоставлении интенсивности пожаров с археологическими данными и изменениями в хозяйственной специфике и интенсивности освоения территории.

Ключевые слова: динамика лесных пожаров, макроскопические частицы угля, торфяник, голоцен

Лесные пожары являются большой проблемой экологического, экономического и социального характера. Однако, изученность палеопожарной динамики в большинстве регионов России остается очень низкой, а на огромных пространствах Сибири этих данных критически мало. Проведение ретроспективного анализа динамики лесных пожаров в России позволит не только восстановить историю распространения пожаров, но и

сформулировать региональные прогнозные сценарии реакции компонентов окружающей среды на антропогенные воздействия и современные изменения климата, а также разработать меры по их защите и восстановлению [1]. Для выявления хронологических закономерностей частоты лесных пожаров в зависимости от природных изменений и антропогенных факторов проанализировано содержание макроскопических частиц угля в торфяных отложениях в окрестностях Тюмени.

Исследованное болото Ошуковское расположено в Туро-Пышминском междуречье в подтаежной подзоне, в окрестностях Андреевской озерной системы и соединяется ручьем с оз. Чепкуль. В настоящее время торфяник покрыт сфагново-кустарничковой растительностью с угнетенной березой и сосной [2]. Предварительными исследованиями определен ботанический состав торфяных отложений, на основании пяти радиоуглеродных определено, что торф накапливался на протяжении 9000 лет, получены данные о зольности, степени разложения торфа, рассчитана скорость его накопления [2] (рис. 1).

Для исследования выбран палеоантракологический анализ на основе подсчета макроскопических частиц угля, как наиболее достоверный и репрезентативный [3]. Частицы макроуглей отображают в большей степени местные лесные пожары, происходившие в радиусе до 20 км от места отбора проб. Реконструкция проходила в 5 этапов: отбор торфяных отложений, нарезка проб из замороженного торфа объемом 1 см³, пробоподготовка с обесцвечиванием органики перекисью водорода, количественный подсчет частиц угля крупнее 100 микрон и статистическая обработка результатов в программе CharAnalysis [4].

Полученный график частоты пожарных событий демонстрирует резкое и значительное увеличение пожарной активности начиная с 4000 кал. л.н. В целом, выделено 7 фаз изменения пожарной активности. Сопоставив каждую фазу с природными и антропогенными факторами (рис. 1), которые могли повлиять на пожарную динамику в районе исследования, было заключено, что:

I фаза (8.9-4.1 тыс. л. н.): ни природный, ни антропогенный фактор не приводили к увеличению интенсивности пожаров.

II фаза (4.1-3.2 тыс. л. н.): идет увеличение количества пожаров, но прямой связи с климатом не прослеживается. Однако, в целом фаза II совпадает с появлением производящего хозяйства, цветной металлургии и увеличением численности населения в бронзовом веке.

III фаза (3.2-2.6 тыс. л. н.): диагностируется аналогичная ситуация – продолжает возрастать частота пожаров, несмотря на похолодание и увеличение увлажнения. Динамика имеет прямую связь с хозяйственной деятельностью людей, в это время появляются первые городища и продолжает увеличиваться численность населения.

IV фаза (2.6-2.1 тыс. л. н.): произошел спад пожарной активности, и, судя по всему, он связан с переходом к полукочевому отгонному скотоводству, это значительно увеличило численность домашних животных, так как интенсивный выпас резко сокращает объемы «топлива» для горения.

V фаза (2.1-1.5 тыс. л. н.): на увеличение активности пожаров предположительно повлияли: сокращение крупностадного скотоводства, рост количества городищ и более оседлый образ жизни.

VI фаза (1.5-0.5 тыс. л. н.): первая половина фазы (1.5-1.0 тыс. л. н.) демонстрирует спад пожарной активности на фоне доминирования березовых лесов, затем подъем (1.0-0,5 тыс. л. н.) в интервал увеличения доли сосны в лесах. Фаза VI приходится на средневековье и множественные локальные военные конфликты, в результате которых люди периодически покидали эти земли, за счет этого снижалась и антропогенная нагрузка.

VII фаза (0.5-0): иллюстрирует самую большую пожарную активность за 9 тыс. лет, по-видимому, из-за антропогенных факторов, таких как: появление земледелия, промышленности, города Тюмени и увеличения численности населения.

Таким образом, в результате проведенного исследования впервые получены данные, иллюстрирующие изменения пожарной динамики на юге Западной Сибири в районе Андреевских озер недалеко от г. Тюмени, а также выявлена хронология изменений фоновых значений пожарной динамики и локальные пирогенные события, возникающие на протяжении 9 тыс. лет.

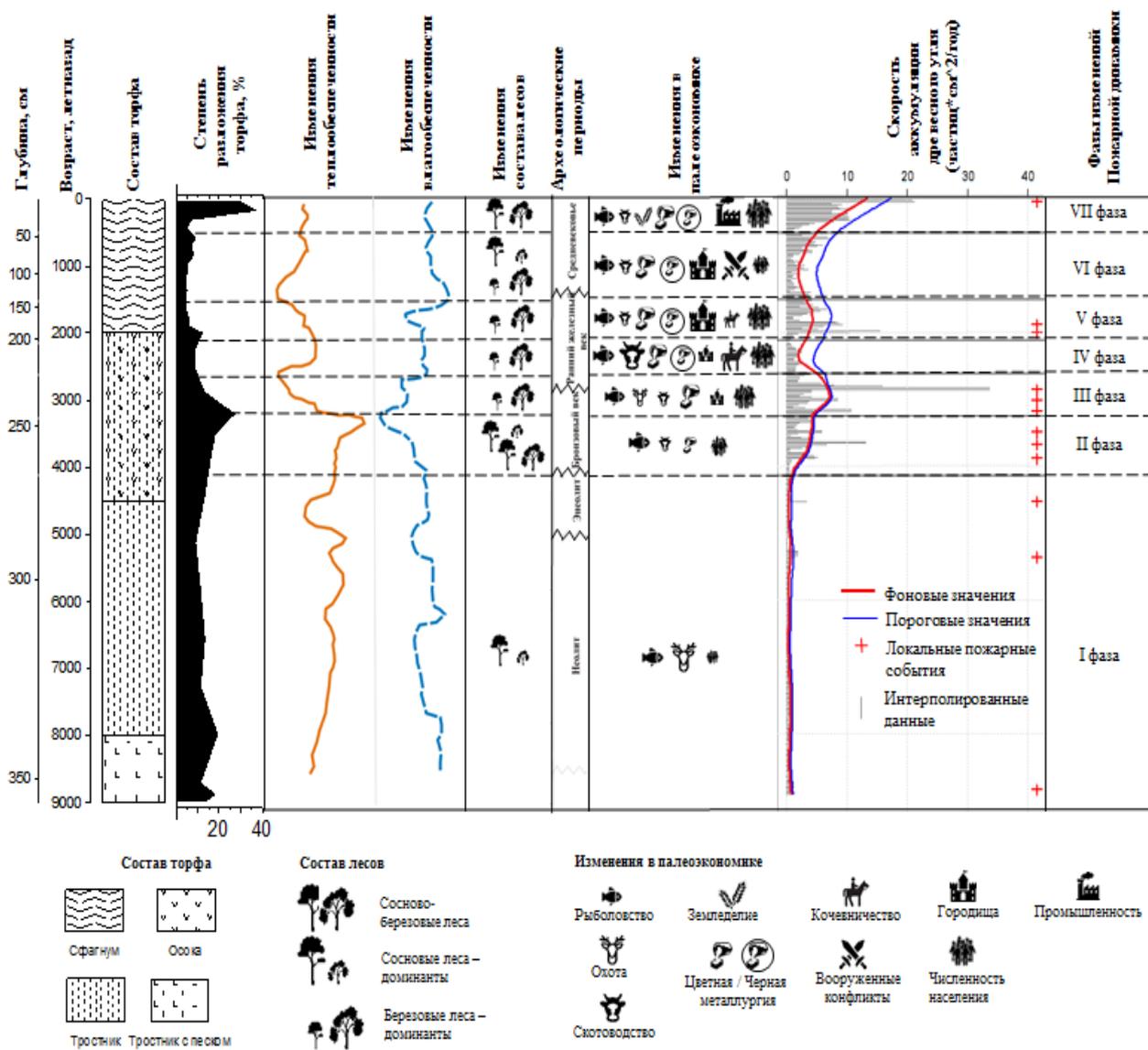


Рисунок 1. Сопоставление изменения пожарной динамики с локальными показателями (состав торфа, степень разложения) и с региональными показателями (палеоклимат, изменения состава лесов, история освоения территории) [5, 6].

Анализ палеоантракологических результатов, в сопоставлении с палеоклиматическими и историко-археологической информацией, показал, что частота пирогенных событий в окрестностях Тюмени имела слабую связь с климатическими условиями (с изменениями тепло- и влагообеспеченности). Однако при увеличении доли сосновых лесов в районе частота пожаров, как правило, возрастает. Однозначно установлена прямая положительная связь интенсивности пожаров с антропогенными факторами (изменениями в хозяйстве и интенсификацией освоения территории).

Это первое исследование в этом районе, однако, мы планируем получить аналогичные данные по другим торфяникам и в итоге реконструировать объективную региональную картину палеопожарной динамики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куприянов Д.А., Новенко Е.Ю. Реконструкция динамики лесных пожаров Центральной Мещеры в голоцене // Сибирский экологический журнал. 2019. №3. С. 253–263.
2. Ryabogina N. E., Afonin A. S., Ivanov S. N., Li H.- C., Kalinin P. A., Udaltsov S. N., Nikolaenko S. A. Holocene paleoenvironmental changes reflected in peat and lake sediment records of Western Siberia: Geochemical and plant macrofossil proxies // Quaternary International. 2019. P. 73-87.
3. Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // Mires and Peat. 2001. Vol. 7. P. 1–18.
4. URL: <http://CharAnalysis.googlepages.com> - Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis of Philip Higuera (дата обращения: 13.05.2021).
5. Зах В.А., Зимина О.Ю., Рябогина Н.Е., Скочина С.Н., Усачева И.В. Ландшафты голоцена и взаимодействие культур в Тоболо-Ишимском междуречье. Новосибирск: Наука, 2008. 212 с.
6. Зах В.А., Усачева И.В., Зимина О.Ю., Скочина С.Н., Чикунова И.Ю. Древности Андреевской озерной системы. Новосибирск: Наука, 2014. Т. 1. 225 с.

S u m m a r y.

The of changes in fire dynamics in the subtaiga of Western Siberia for nine thousand years were analyzed based on the counting of macroscopic particles of charcoal in the Oshukovskoe peat bog. It was established that at the local level the frequency of pyrogenic events has a weak connection with heat fluctuations and moisture supply. However, with an increase in the share of pine forests, the frequency of fires, as a rule, increases. A direct positive relationship was revealed when comparing the intensity of fires with archaeological data and changes in the economic specifics and intensity of the development of the territory.

ИСТОРИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ СРЕДНЕСИБИРСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Е.Ю. Новенко^{1,2}, Н.Г. Мазей¹, Д.А. Куприянов¹, А.Е. Шатунов¹,
А.С. Прокушкин³

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, *natashamazei@mail.ru*

²Институт географии РАН, г. Москва, *lenanov@mail.ru*

³Институт леса им. В. Н. Сукачёва СО РАН, ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН,
Красноярск, Россия, *prokushkin@ksc.krasn.ru*

HISTORY OF FOREST FIRE IN CENTRAL SIBERIA DURING THE LATE HOLOCENE

E.Yu. Novenko^{1,2}, N.G. Mazei¹, D.A. Kupriyanov¹, A.E. Shatunov¹,
A.S. Prokushkin³

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

²*Institute of Geography RAS, Moscow*

³*Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk*

Аннотация.

Реконструкция периодичности лесных пожаров за последние 3400 лет на четырех ключевых участках в пределах Среднесибирского плоскогорья выполнена по результатам анализа макроскопических частиц угля в озерных и болотных отложениях. Полученные результаты показали низкую пожарную активность в периоды 2600-1700 кал. л.н. и 700-250 кал. л.н. (Малый ледниковый период) и возрастание частоты пожаров между 1700 и 700 кал. л.н. Резкий рост аккумуляции угля в торфе и озерных отложениях и сокращение межпожарного интервала выявлено для последних 150 лет.

Ключевые слова: макроскопические частицы угля, межпожарный интервал, периодичность пожаров, торф, озерные отложения

Лесные пожары, вызываемые различными факторами, оказывают существенное влияние на природную среду и хозяйственную деятельность человека. Среднесибирское плоскогорье – один из наименее изученных регионов России. До настоящего времени проведено лишь небольшое количество палеогеографических исследований, в том числе реконструкции периодичности лесных пожаров в голоцене. При этом изучаемый регион характеризуется высокой пожарной опасностью, что показали лесные пожары последних лет.

Изучение истории лесных пожаров Среднесибирского плоскогорья за последние 3400 лет было выполнено на основе интерпретации и обобщения результатов анализа концентрации макрочастиц угля в торфе из разрезов на четырех ключевых участках [1].

- Болото Герви, расположенное в северо-западной части плато Путорана (район озера Лама, бассейн р. Пясины), материал для анализа – торф, возраст начала торфообразования 1250 кал. л.н. (календарных лет назад);

- Озера Глухое (материал для анализа - сапропель, возраст 3100 кал. л.н.) и Безымянное (сапропель и глины, 3700 кал. л.н.), расположенные на различных абсолютных высотах на расстоянии 5 км в западной части плато Путорана, бассейн р. Хантайки;

- Болото Игарка (материал для анализа - торф, возраст 4700 кал. л.н.), Приенисейская Сибирь, район г. Игарка

- Разрез лиственничной редины (разрез Тура), расположенной на 1-й надпойменной террасе р. Кочечум, приток р. Нижняя Тунгуска (торф и суглинок, 3600 кал. л.н.) в окрестностях г. Тура.

Реконструкция периодичности лесных пожаров была выполнена на основе анализа содержания макроскопических (размер $>125 \mu\text{m}$) частиц угля в отложениях. Для выделения частиц угля из породы использовалась стандартная методика [2]. Подготовка проб включала отбеливание образца сырого торфа или сапропеля объемом 1 см^3 в 10%-м водном растворе NaOCl в течение не менее 24 часов при комнатной температуре, промывание дистиллированной водой через сито с диаметром ячеек $125 \mu\text{m}$ и затем подсчет всех выделенных частиц угля под стереоскопическим микроскопом при 40-кратном увеличении. Отбор образцов осуществлялся непрерывно с шагом 1 см.

Обработка результатов подсчетов концентраций угольных частиц угля выполнена в программе «CharAnalysis» [3]. Для каждого ключевого участка были рассчитаны межпожарные интервалы (МПИ), прослежена их динамика в позднем голоцене. За МПИ принят период времени между двумя следующими друг за другом пожарными эпизодами.

На основе полученных данных о скоростях аккумуляции макрочастиц угля в изученных разрезах создана интегральная модель истории лесных пожаров за последние 3000 кал. лет с помощью программного пакета Paleofire [4]. Для результатов расчетов CHAR-индекса в изученных разрезах выполнены процедуры нормализации данных с помощью преобразования Бокса-Кокса, сглаживания данных с помощью функции LOWESS с периодом сглаживания 500 лет и стандартизации данных (функция z-score) со значением n для bootstrap-статистики равным 1000. Дополнительно были рассчитаны 95%-е доверительные интервалы. Положительные и отрицательные отклонения значений z-score относительно 0 интерпретировались, соответственно, как периоды высокой или низкой активности лесных пожаров (периоды высокой или низкой

интенсивности поступления угольных частиц в озеро или болото) относительно средних значений за моделируемый период.

Результаты изучения концентраций макроскопических частиц угля в 5 разрезах (болота Игарка, Тура, Герви и озера Глухое и Безымянное на плато Путорана) показали очень схожую временную динамику изменений скоростей аккумуляции угольных частиц, но высокую вариабельность абсолютных значений CHAR – индекса вдоль высотного градиента: от 3-37 частиц/см² в год в Туре до 0.01 частиц/см² в год в озере Безымянное. Сокращение аккумуляции угля с возрастанием абсолютной высоты местности, очевидно, является результатом более низкой продуктивности угольных частиц среднегорной растительностью плато Путорана, состоящей в основном из *Betula nana*, *Salix* и *Alnus fruticosa* (озеро Глухое), и разреженной растительностью гольцового пояса, состоящей из редких ив и лишайников (озеро Безымянное) по сравнению с лиственничными лесами в районе Туры.

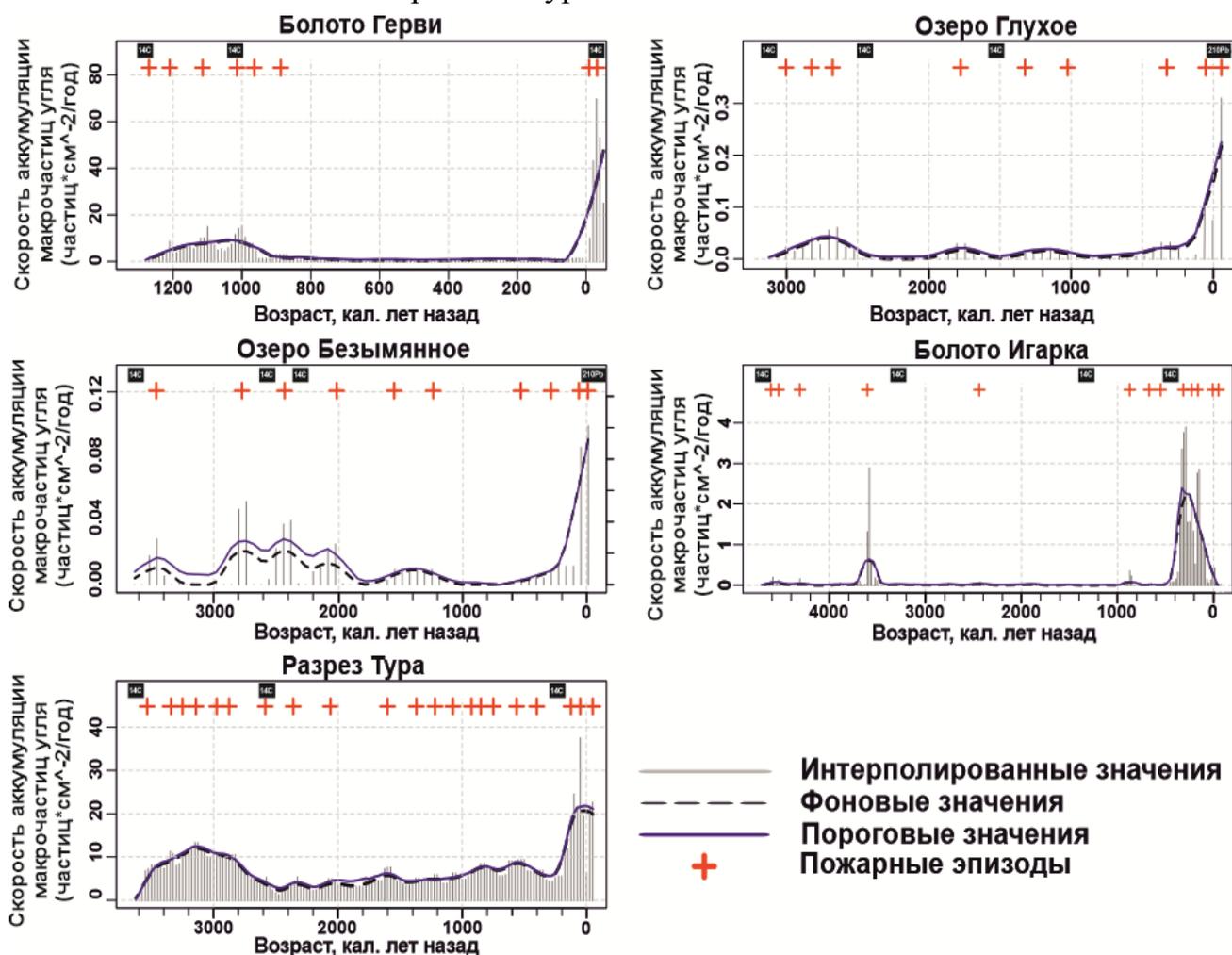


Рис. 1. Скорость аккумуляции макрочастиц угля в отложениях

Анализ скоростей аккумуляции угля в разрезах оз. Глухое, болот Тура и Герви выявил близкие значения средней продолжительности межпожарного интервала (МПИ) за 3000 лет: 182 ± 96 , 180 ± 21 и 189 ± 120 лет соответственно. По данным изучения озера Безымянного и болота Игарка МПИ гораздо продолжительнее и составил 344 ± 127 и 386 ± 70 лет. Сравнение временного распределения МПИ за периоды 3000-1600 кал. л.н. и 1600 кал. л.н. – настоящее время по критерию Уилкоксона показало, что пожарные режимы всех пяти ключевых участков сходны в оба рассматриваемых временных интервала ($P > 0.05$).

Интегральная модель аккумуляции частиц угля в изученные озера и болота за последние 3000 кал. лет, полученная с помощью программного пакета *Paleofire*, выявила относительно низкую интенсивность аккумуляции угольных частиц (CHAR – индекс ниже средних значений) в период 3000-2700 кал. л.н. В течение последующего этапа 2700-1600 кал. л.н. аккумуляция угольных частиц опустилась до минимальных значений за весь рассматриваемый период, что отражает сокращение числа пожаров и ограниченное их распространение в регионе. Согласно имеющимся реконструкциям растительности и климата для севера Сибири, начиная с 2700 кал.л.н. климат стал более холодным и влажным, что привело к снижению числа лесных пожаров. Низкие значения CHAR – индекса выявлены также для Малого ледникового периода (МЛП, 1300 - 1850 гг н.э.), когда в условиях более короткого и более холодного лета испарение было снижено, что могло приводить к увеличению грунтовой влажности во многих местообитаниях, что было неблагоприятно для возникновения и распространения лесных пожаров.

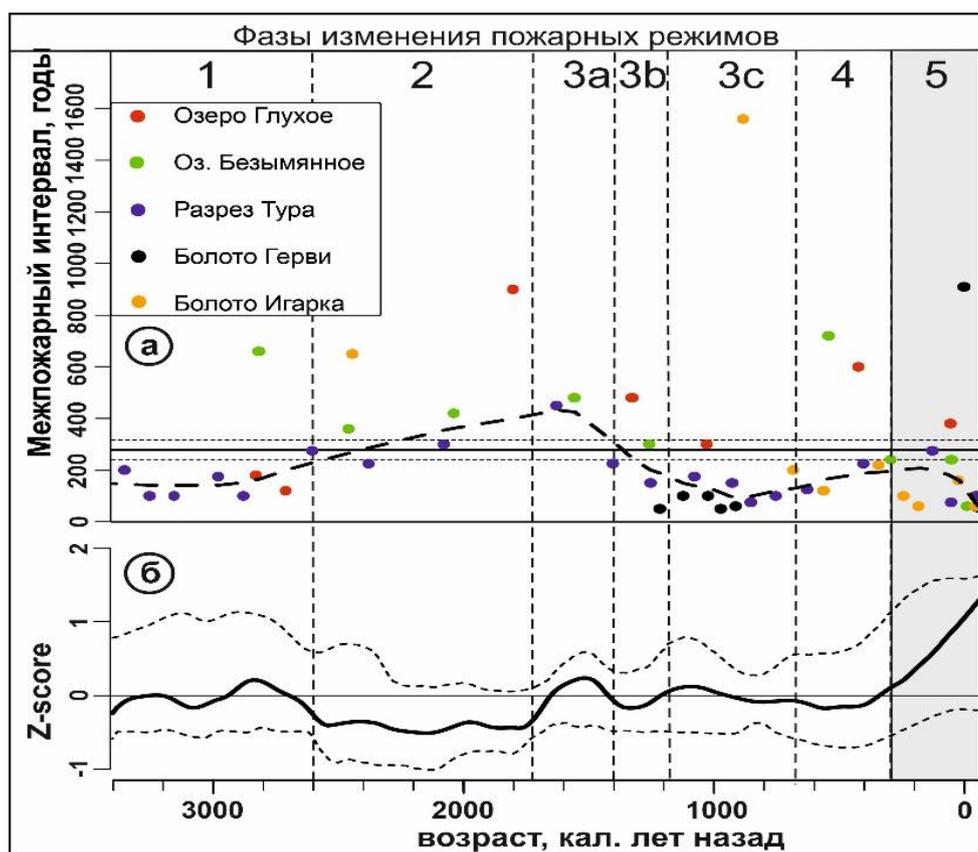


Рис. 2. Межпожарный интервал и интенсивность поступления угольных частиц в отложения: а) МПИ, толстая пунктирная линия – средневзвешенное значение, горизонтальная сплошная линия – среднее значение МПИ за весь реконструируемый период, пунктирные линии – стандартное отклонение; б) Интенсивность поступления угольных частиц, сплошная линия – значения Z-score, пунктирные линии – 95% доверительный интервал, серая полоса – период современного увеличения поступления макрочастиц угля.

В период 1600–700 кал. л.н., включающий Средневековый климатический оптимум (СКО, 800 -1300 гг н.э.) аккумуляция угольных частиц существенно возросла во всех изученных разрезах. МПИ сократился до минимальных значений. На ключевом участке Тура МПИ составлял 126 ± 22 лет, а в нижних поясах гор на плато Путорана не превышал 72 ± 12 лет. Согласно различным палеоклиматическим архивам, климат СКО был теплее современного, а в ряде регионов засушливее, что приводило к возрастанию количества и интенсивности пожаров.

Полученные данные показали, что скорость аккумуляции частиц угля за последние 150 лет на порядок превышает средние значения CHAR – индекса на каждом изученном ключевом участке. Взрывообразный рост аккумуляции угля в торфе и озерных отложениях, очевидно, указывает на то, что пожары в современную эпоху стали более масштабными и интенсивными по сравнению с различными временными интервалами позднего голоцена, включающими как

периоды потеплений, так и похолоданий. Такие скорости накопления угля не имеют аналогов за последние 3000 лет. Установленная в настоящее время тенденция к увеличению вероятности летних засух в Сибири может быть причиной повышенного риска возникновения пожаров в регионе.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 20-17-00043.

ЛИТЕРАТУРА

1. Novenko E.Y., Kupryanov D.A., Mazei N.G. et al. Evidence that modern fires may be unprecedented during the last 3400 years in permafrost zone of Central Siberia, Russia // *Environmental Research Letters*. 2022. V. 17. 025004.
2. Mooney S.D., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments. *Mires and Peat*, Article 09, 2011, 1–18.
3. Higuera P. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and Analytical Tools for Sediment Charcoal Analysis: User's Guide. Bozeman, MT: Montana State Univ, 2009. 32 p.
4. Blarquez O., Vannière B., Marlon J. et al. Paleofire An R package to analyse sedimentary charcoal records from the Global Charcoal Database to reconstruct past biomass burning // *Computers & Geosciences*. 2014. V. 72. P. 255–261.

S u m m a r y.

Reconstruction of Forest fire frequency during the last 3400 years in four model areas in Central Siberia was revealed from results of the macroscopic charcoal analysis. The obtained data show the low fire activity in periods 2600-1700 cal years BP и 700-250 cal years BP (the Little Ice Age) and increase charcoal accumulation and biomass burning between 1700 and 700 cal years BP. An abrupt rise of the charcoal accumulation and reduce of fire return period occurred during the last 150 years.

СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ ДЕРЕВЬЕВ КАК ИНДИКАТОРЫ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Т.В. Трушкина¹, М.В. Фонти², О.В. Чуракова (Сидорова)²

¹ *Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск*

² *Институт экологии и географии, Сибирский Федеральный Университет, г. Красноярск, ochurakova@sfu-kras.ru*

STABLE ISOTOPES IN TREE RINGS AS INDICATORS OF CATASTROPHIC VOLCANIC ERUPTIONS

T.V. Trushkina¹, O.V. Churakova (Sidorova)²

¹ *M.F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk*

² *Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, ochurakova@sfu-kras.ru*

Аннотация.

Глобальные катастрофические события 536 г. н.э., 538-541 гг.н.э., вызванные стратосферными вулканическими извержениям выявлены по данным стабильных изотопов углерода (¹³C/¹²C), кислорода (¹⁸O/¹⁶O) и водорода (²H/¹H) в годичных кольцах деревьев

лиственниц (*Larix cajanderi* Mayr), произрастающих на северо-востоке Якутии (69°N, 148°E). Результаты исследования выявили глобальное и региональное похолодание на 4°C от среднего за последние 1500 лет и увеличение влажности сменяющееся засухой через год после вулканического извержения, повлекшие к катастрофическим природным и социальным катаклизмам.

Ключевые слова: углерод, кислород, водород, лиственница, Сибирь, климат, вулканы

Стратосферные вулканические извержения оказывают значимое влияние на радиационный баланс атмосферы и региональные погодные условия, что приводит в свою очередь к глобальным климатическим изменениям. Извержения вулканов также приводят к изменениям в химии атмосферы, включая экологически важные атмосферные эффекты, такие как глобальное нарушение озонового слоя [1,2].

Годичные кольца деревьев содержат информацию об изменении климатических факторов и окружающей среды после мощных стратосферных вулканических извержений. Некоторые исследования, использующие изотопные сигналы в кольцах деревьев, выявили физиологические отклики деревьев на извержения вулканов из средних широт [3] и субарктических районов Канады [4]. Однако, исследование отклика деревьев, произрастающих в высокоширотных и высокогорных районах Евразии, на мощные стратосферные извержения с привлечением стабильных изотопов, таких как углерод ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) и кислород ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), все еще ограничено [5,6], а данные по водороду ($^2\text{H}/^1\text{H}$) полностью отсутствуют.

Многие работы посвящены исследованию пылевой завесы 536 г. н. э. вследствие неизвестного события [7-12]. Данное событие характеризовалось одним из наиболее холодных периодов в северном полушарии за последние два тысячелетия [5, 10, 13-15], хотя данные по SO_2^{4-} , полученные по ледниковым кернам Гренландии, показывают гораздо более сильные пики в течение последних двух тысячелетий [16]. Предполагается, что сухие вулканические туманы и равномерно распределенные частицы пыли в стратосфере, порожденные катастрофическими событиями 530-540-х годов н.э., в частности, в течение 536 г. и 540 г. н.э., охлаждают климат, частично блокируя поступление солнечного излучения и нарушая характер атмосферных циркуляций. Эпидемиологические последствия вулканических сухих туманов, обнаруженных в Европе и на Ближнем Востоке, были исследованы с использованием исторических отчетов, дополненных данными по древесным

кольцам и измерений кислотности полярного льда [10]. Эти эффекты были приписаны Стоверс [10] к «Неизвестному» вулкану, который, как считается, начал извержение в марте 535 года, скорее всего, в северных широтах. В европейских хронологиях, полученных по ширине годовых колец деревьев было показано уменьшение радиального прироста деревьев в течение 10 лет после события 535 года [7, 10]. Альтернативная гипотеза предполагает, что космическое явление (астероид или комета) могло вызвать сильные климатические изменения в это время [11]. Данные по содержанию сульфатов в ледниковом керне Гренландии для этого периода отсутствуют и показывают увеличение концентрации только в предполагаемом 529 году [8]. Однако, недавние исследования [12,13] показали большое количество отложений вулканической серной кислоты в ледниковых кернах Гренландии и Антарктики для события 536 г., которые поддерживают изначальную гипотезу об извержении вулкана.

Предположим, что кластер вулканических событий в 535 г. н. э., привел к понижению радиального роста деревьев из-за некоторой комбинации факторов, таких как, уменьшения солнечного излучения, снижения температуры и снижения дефицита упругости водяного пара для высокоширотного района (северо-восток Якутии).

Вулканическая пыль после извержения снижает интенсивность света, что влечет за собой уменьшение фотосинтетической активности, и как следствие, частичное снижение устьичной проводимости, что непосредственно отражается на значениях стабильных изотопов.

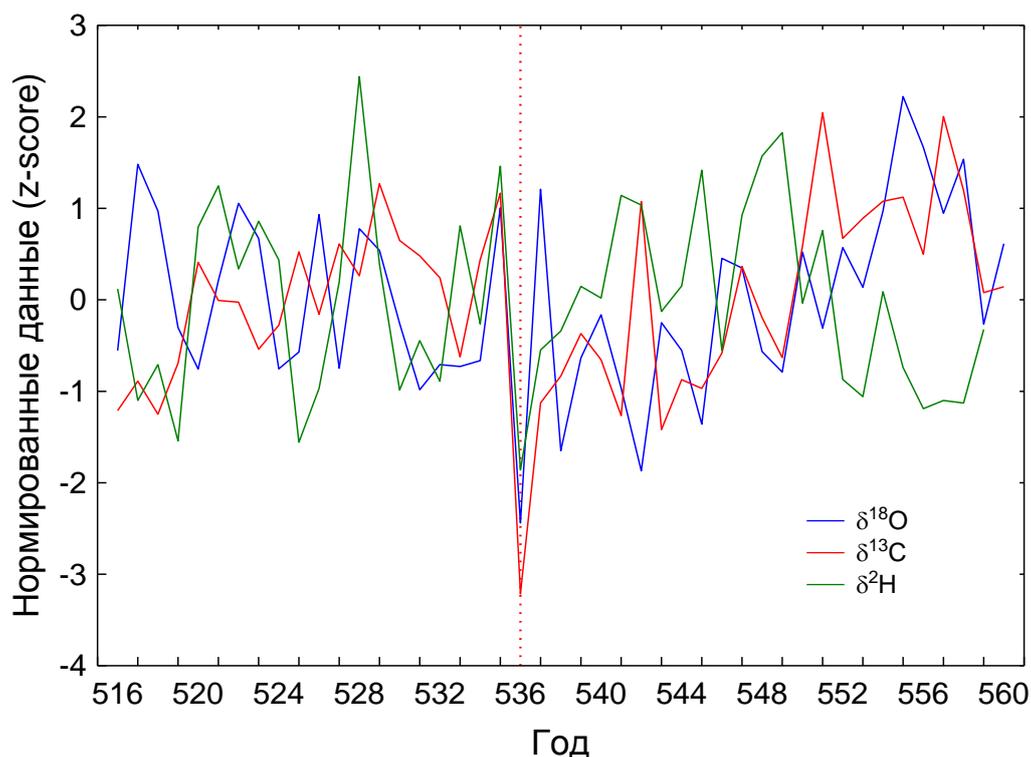


Рис. 1. Содержание стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$), кислорода ($\delta^{18}\text{O}$) и водорода ($\delta^2\text{H}$) в целлюлозе годичных колец хвойных в лиственнице Каяндера, произрастающих на северо-востоке Якутии.

Вариация стабильных изотопов $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в целлюлозе годичных колец лиственницы Каяндера (Рис. 2) показывает синхронность холодных и влажных летних аномалий с низким приходом солнечной радиации в течение 536-538 гг. н. э., 541-542 гг. н. э. для северо-востока Якутии. Минимальные значения для $\delta^{13}\text{C}$ равно -26.05‰ относительно среднего -23.9‰ , для $\delta^{18}\text{O}$ 17.7‰ относительно среднего 19.1‰ , для $\delta^2\text{H}$ -182.6‰ относительно -172.9‰ для периода с 516 по 560 гг. н.э. Положительно значимые связи были выявлены между $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ для периода с 516 по 560 гг. н.э. ($r = 0.38$, $p < 0.05$). Значимых корреляций между $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ выявлено не было.

Климатический анализ был выполнен между инструментальными данными метеорологической станции Чокурдах <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> и хронологиями по стабильным изотопам ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) в целлюлозе годичных колец для калибрационного периода с 1966 по 2000 г.н.э [14]. Результаты показали значимые связи между $\delta^{13}\text{C}$ и температуры июля ($r = 0.56$, $p < 0.01$) и дефицита упругости водяного пара VPD ($r = 0.69$ $p < 0.01$), $\delta^{18}\text{O}$ и продолжительности солнечного сияния ($r = 0.73$, $p < 0.01$). $\delta^2\text{H}$ в целлюлозе

годовых колец значимо и положительно коррелирует с дефицитом упругости водяного пара VPD в феврале, марте и апреле ($r = 0.5$, $p < 0.01$).

Значимыми факторами, оказывающими влияние на отклик деревьев на мощные стратосферные вулканические извержения, могут быть местоположения вулканов, индекс вулканической активности, перенос атмосферных циркуляционных масс.

Содержание стабильных изотопов углерода и кислорода представляет собой уникальную возможность выявить динамику изменения температуры воздуха, атмосферных осадков, относительной влажности и дефицита упругости водяного пара после стратосферных вулканических извержений.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (РНФ) 21-17-00006 Изотопы водорода и дейтериевый эксцесс в целлюлозе годовых колец хвойных как индикатор экстремальных эко-гидрологических изменений в бореальных лесах (ECO-HYDROTREE).

ЛИТЕРАТУРА

1. Robock, A., Yuhe, L. The volcanic signal in Goddard Institute for Space Studies three-dimensional model simulations *J. Climate*. 1994, 7, 44-55.
2. Brönnimann, S., Krämer, D. Tambora and the “Year without a summer” of 1816. A Perspective on Earth and Human. 2016.
3. Battipaglia, G., Cherubini, P., Saurer, M., Siegwolf, R. T. W., Strumia, S., Cotrufo, M. F. Volcanic explosive eruptions of the Vesuvio decrease tree-ring growth but not photosynthetic rates in the surrounding forests. *Global Change Biology*. 2007, 13, 1-16.
4. Gennaretti, F., Huard, D., Naulier, M., Savard, M., Bégin, C., Arseneault, D., Guiot, J. Bayesian multiproxy temperature reconstruction with black spruce ring widths and stable isotopes from the northern Quebec taiga, *Clim. Dyn.* 2017. DOI: 10.1007/s00382-017-3565-5.
5. Churakova (Sidorova), O.V., Bryukhanova, M., Saurer, M., Boettger, T., Naurzbaev, M., Myglan, V.S., Vaganov, E.A., Hughes, M.K., Siegwolf, R.T.W. A cluster of stratospheric volcanic eruptions in the AD 530s recorded in Siberian tree rings. *Global and Planetary Change*. 2014. 122, 140-150.
6. Churakova (Sidorova), O.V., Fonti, M.V., Saurer, M., Guillet, S., Corona, S., Fonti, P., Myglan, V.S., Kirilyanov, A.V., Naumova, O.V., Ovchinnikov, D.V., Shashkin, A.V., Panyushkina, I.P., Büntgen, U., Hughes, M.K., Vaganov, E.A., Siegwolf, R.T.W., Stoffel, M. Siberian tree-ring and stable isotope proxies as indicators of temperature and moisture changes after major stratospheric volcanic eruptions *Climate of the Past*. 2019. 15, 685-700, <https://www.clim-past.net/15/685/2019/>.
7. Baillie, M. G. L. Dendrochronology raises questions about the nature of the A.D. 536. The Holocene. 1994. 4. 212.
8. Zielinski, G. A., Mayewski, P. A., Meeker, L. D., Whitlow, S., Twickler, M. S., Morrison, M., Meese, D., Alley, R. B., Gow, A. J. Record of volcanism since 7000 B. C. from the GISP 2 Greenland ice core and implications for the volcano-climatic system. *Science*. 1994. 264. 948 -952.
9. Briffa, K. R., Jones, P. D., Schweingruber, F. H., Osborn, T. G. Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperatures over the past 600 years. *Nature*. 1998, 393, 450-455.

10. Stothers, R. Volcanic dry fogs, climate cooling and Plague pandemics in Europe and the Middle East, *Climate change*. 1999, 42, 713-723.
11. Rigby, E., Symonds, M., Ward-Thompson M. A comet impact in AD 536? *Astronomy and Geophysics*. 2004. 45, 1.23–1.26, <https://doi.org/10.1046/j.1468-4004.2003.45123.x>
12. D' Arrigo, R., Frank, D., Jacoby, G., Pederson, N. Spatial response to major volcanic events in or about AD. 536, 934 and 1258: Frost rings and other dendrochronological evidence from Mongolia and northern Siberia, *Climatic Change*. 1999, 42, 31-34.
13. Larsen LB, Vinther BM, Briffa KR, Melvin TM, Clausen HB, Jones PD, Siggaard-Andersen M-L, Hammer CU, Eronen M, Grudd H, Gunnarson BE, Hantemirov RM, Naurzbaev MM, Nicolussi K 2008 New ice core evidence for a volcanic cause of the A.D. 536 dust veil. *Geoph. Re. Lett.* <https://doi.org/10.1029/2007GL032450>
14. Churakova (Sidorova), O.V., Fonti, M.V., Barinov, V.V., Zharkov, M.S., Taynik, A.V., Trushkina, T.V., Kirilyanov, A.V., Arzac, A., Saurer, M. towards the third millennium changes in Siberian triple tree-ring stable isotopes. *Forests* 2022, 13(6), 934; <https://doi.org/10.3390/f13060934>
15. Büntgen, U., Myglan, V. S., Ljungqvist, F. C., McCormick, M., Di Cosmo, N., Sigl M., ...Kirilyanov, A. V. Cooling and societal change during the Late Antique Little Ice Age from 536 to around 660 AD, *Nature Geoscience*. 2016. 9, 231-236.

S u m m a r y.

The global catastrophic events of 536 CE and 538-541 CE caused by stratospheric volcanic eruptions were revealed by stable carbon ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), oxygen ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) and hydrogen ($^2\text{H}/^1\text{H}$) isotopes in larch tree rings from northeastern Yakutia (69°N, 148°E). The results of the study revealed global and regional cooling by 4°C relative to the average over the last 1500 years and an increase in humidity followed by drought in the year after the volcanic eruption, leading to catastrophic natural and social cataclysms.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ НИЖНЯЯ ТУНГУСКА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЭВЕНКИЯ) В СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ УГЛЯ В ТОРФЕ

А.Е. Шатунов¹, Д.А. Куприянов¹, Н.Г. Мазей¹, А.С. Прокушкин², Е.Ю. Новенко^{1,3}

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия*

² *Сибирский Федеральный Университет, Институт экологии и географии, Красноярск, Россия*

³ *Институт географии РАН, Москва, Россия*

RECONSTRUCTION OF FOREST FIRES IN THE LOWER TUNGUSKA RIVER BASIN (CENTRAL EVENKIA) IN THE MIDDLE AND LATE HOLOCENE FROM THE DATA OF THE MACROSCOPIC CHARCOAL ANALYSIS IN PEAT

A. E. Shatunov¹, D. A. Kupryanov¹, N. G. Mazei¹, A. S. Prokushkin¹, E. Yu. Novenko^{1,3}

¹*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

²*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

³*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

Аннотация.

Рассмотрена периодичность пожаров болот в среднем и позднем голоцене в бассейне Нижней Тунгуски в окрестностях посёлка Тура (центральная Эвенкия) по данным анализа концентрации макроскопически частиц угля в торфяных залежах двух болот. Результаты исследования показали, что в периоды с 7900-3400 кал. л.н. (календарных лет назад) и 2300-400 кал. л.н. лесные пожары были относительно редки. Выявлено увеличение частоты пожаров в период с 3700 до 2900-2300 кал. л.н. и в период, начиная с XVII века до настоящего времени.

Ключевые слова: торфяные болота, периодичность пожаров, анализ изображений, северная тайга, Средняя Сибирь.

Пожары – важная составляющая функционирования и развития лесных экосистем. Реконструкция пожарных событий в прошлом и выявление причин, с которыми они связаны, позволит спрогнозировать их вероятную динамику в условиях меняющегося климата, что определяет актуальность данного исследования. На территории центральной Эвенкии исследования частоты лесных пожаров проводились только для временного интервала XV-XXI веков методами дендрохронологии [1], а для среднего и позднего голоцена проводятся впервые.

Реконструкции частоты пожаров в бассейне реки Нижняя Тунгуска в месте ее слияния с рекой Кочечум выполнены по данным изучения макроскопических частиц угля по разрезам двух болот: Горное ($64^{\circ}13'55.97''N$, $100^{\circ}02'5.21''E$, $H_{абс}=335$ м), расположенного на плато в 10 км к юго-западу от н.п. Тура и болота Нижняя Тунгуска ($64^{\circ}10'49.74''N$, $100^{\circ}34'59.16''E$, $H_{абс}=220$ м), приуроченного к 2 надпойменной террасе реки Нижняя Тунгуска в 20 км к юго-востоку от поселка. Изучаемые болота находятся на расстоянии примерно 30 км друг от друга, на разных берегах реки Нижняя Тунгуска. Глубина торфяной залежи болота Горное составляет 187 см, радиоуглеродная датировка из образца из основания скважины 5230 ± 25 ^{14}C л.н. (IGAN_{AMS} 9531) / 7630 ± 40 кал. л.н. В болоте Нижняя Тунгуска удалось получить торфяной керн до глубины 113 см, Радиоуглеродная датировка образца с этой глубины составляет 6785 ± 25 ^{14}C л.н. (IGAN_{AMS} 9525) / 5970 ± 40 кал. л.н.

Подготовка проб для анализа была проведена по стандартной методике [2]. Подготовка проб включала отбеливание образца сырого торфа установленного объема (1 см^3) в 10%-м водном растворе NaOCl объемом 100 мл в течение не менее 24 часов при комнатной температуре, промывание дистиллированной водой через сито с диаметром ячеек $125 \text{ }\mu\text{m}$ и затем подсчет всех выделенных

частиц угля под стереоскопическим микроскопом при 40-кратном увеличении. Отбор образцов осуществлялся непрерывно с шагом 1 см.

Для образцов из болота Нижняя Тунгуска помимо подсчётов макрочастиц угля вручную по вышеописанной методике выполнен их подсчет путем анализа фотографических изображений с помощью, написанной на языке R программы для выделения углей. Изображение получено с помощью камеры SM-A530F с разрешением 3456*4608 пикселей в RGB. Съемка производилась через бинокляр MOTIC SMZ-171 при 20-кратном увеличении. После загрузки применялся медианный фильтр радиусом 3 для устранения шумов. Пиксели относились к угольным частицам, если имели интенсивность менее 90 по шкале RGB в красном и зеленом канале. Выбор такой высокой границы интенсивности обусловлен тем, что, попадая под обесцвеченные остатки растений частицы угля часто остаются заметны, но на изображении имеют более высокую интенсивность. В то же время, обычно иных темных частиц в торфе нет. После бинаризации с помощью пакета EImage производился подсчет выделенных частиц [3]. Для проверки точности выделения макрочастиц угля было подготовлено 72 тестовых образца с угольными частицами, которые сперва подсчитывались стандартным способом. Половина из образцов была чистыми, а в другую были добавлены обесцвеченные остатки растений. В результате удалось определить частицы с размером более 250 мкм² с точностью 71%. Выбор такого размера частиц обусловлен тем, что позволяет учитывать узкие, но вытянутые частицы. Корреляция Пирсона между подсчитанными стандартным и программным способом образцов составила 84,5 %, что говорит о хорошем совпадении результатов подсчетов концентрации макроскопических частиц угля в торфе, и, следовательно, выделяемых пожаров.

Для установления региональной специфики динамики лесных пожаров, определяемой фоновыми скоростями накопления частиц угля в торфе и выявления локальных пожарных событий, использовался программный пакет CharAnalysis [4]. Хронологической основой реконструкции выступает модель вертикальной скорости роста, построенная по AMS-датировкам в R с помощью библиотеки `basin` версии 2.3.9.1. [5]. При расчете фоновых и пороговых скоростей накопления частиц угля в торфе изученных болот и выявления локальных пожарных эпизодов применялась LOESS (локальная линейна

регрессия) как метод сглаживания, с периодом сглаживания 150 лет. Период, по которому происходила интерполяция данных для болот Горное 35 лет и Нижняя Тунгуска 70 лет. Временное окно для определения локальных пожарных эпизодов составляло 4500 и 1500 лет соответственно.

Результаты анализа болота Горное (рис. 1а) показали, что в период с 7900 до 3700 кал. л.н. скорости накопления частиц угля составляли менее 1 частицы на см² в год. Выделено 7 пожарных событий со средним интервалом между ними около 500 лет. После до 2900 кал. л.н. фоновая скорость аккумуляции макроскопических частиц угля в торфе становится выше 1 частицы на см² в год, достигая пиковых значений 2-3 частиц на см² в год. В этот промежуток времени выделено 8 локальных пирогенных эпизодов, что приблизительно соответствует одному пожару в 120 лет. С 2900 до 400 кал.л.н. фоновая скорость аккумуляции угля снижается до минимальных значений, опускаясь до значений менее 0,5 частиц на см² в год. За 2500 лет произошло всего два пожарных события. Начиная с XVII века наблюдается существенное увеличение скоростей аккумуляции до 6 частиц угля на см² в год.

Скорость накопления частиц угля в болоте Нижняя Тунгуска (рис. 1б) на протяжении всей истории его существования была очень низкой и не превышала 0,7 частиц угля на см² в год. С 7500 до 3400 кал.л.н. можно выделить 9 локальных пожарных событий со средней повторяемостью один пожар в 350 лет. Далее до 2300 кал.л.н. выделяется 4 пожарных эпизода с частотой раз в 300 лет. После 2300 кал.л.н. и до настоящего времени выделено только 2 пирогенных события с межпожарным интервалом около 900 лет.

Изменения интенсивности накопления макроскопических частиц угля и рассчитанных межпожарных интервалов, полученных по данным болот Горное и Нижняя Тунгуска имеют близкую временную динамику (рис. 1в). Исключение составляет период между 5000 и 4000 кал. л.н. Различия могут быть обусловлены несовершенством возрастных моделей, а также различиями в ландшафтных позициях болот и условиях для возникновения и распространения пожаров.

Сопоставление полученных данных о периодичности пожаров и климатических реконструкций для севера Сибири, полученных на основе биоклиматических моделей [6] показали, что период с низкой пожарной активностью в Центральной Эвенкии в интервале между 7900 и 3700 кал. л.н.

сопоставим по времени с потеплением и увеличением увлажнения более чем на 140 мм на широте 60-65°N в среднем голоцене [6]. Временной интервал с 3700 до 2900-2300 кал. л.н., в течение которого выявлена высокая частота пожаров в изучаемом регионе, достаточно хорошо совпадает с интервалом снижением количества осадков по реконструкции, выполненной по палинологическим данным из озер Таймыра [7]. Похолодание и увлажнение климата Северного

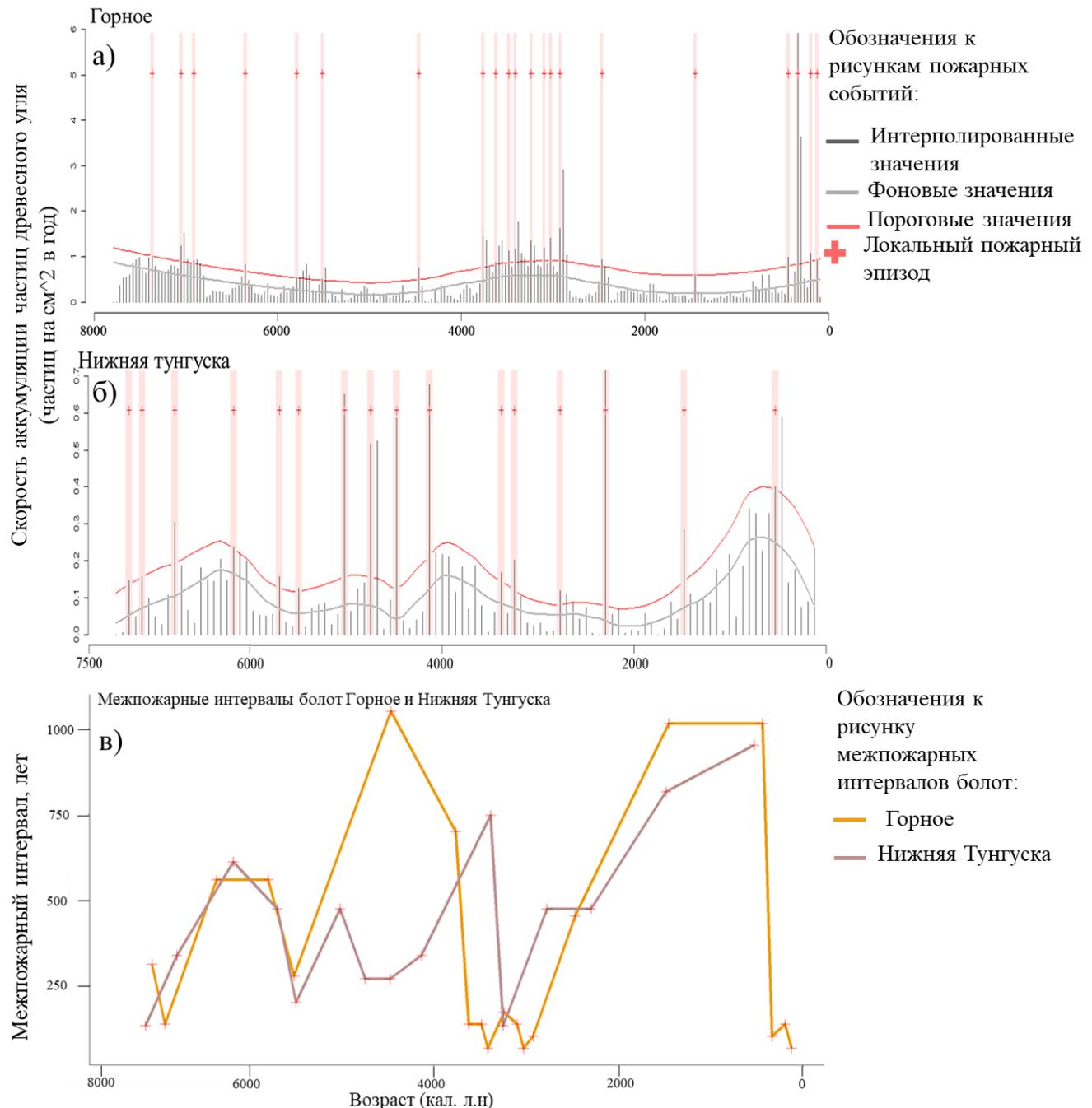


Рисунок 1. Скорость аккумуляции частиц угля (CHAR-индекс), фоновые и пороговые значения CHAR и локальные пожарные эпизоды по данным изучения содержания макроскопических частиц угля в залежах болот Горное (а), Нижняя Тунгуска (б) и их межпожарные интервалы (в).

полушария начиная с 2500-2700 кал. л.н., установленное по многим палеогеографическим архивам с большим географическим охватом, привело, очевидно, к снижению частоты пожаров в Центральной Эвенкии в позднем голоцене. Накопление макрочастиц угля в болотных отложениях возрастает в XVII веке, и возможно, связано с антропогенным фактором. По данным из болота Горное выделено несколько пожаров, которые случались в среднем раз в 105 лет. Дендрохронологические исследования, выполненные для этой же территории В.И. Харуком с соавторами [1], выявили высокое количество пожаров для того же времени с межпожарным интервалом 60-140 лет.

Исследование выполнено при поддержке проекта РНФ 20-17-00043

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Харук, М.Л. Двинская, К.Дж. Рэнсон. Пространственно-временная динамика пожаров в лиственничных лесах северной тайги Средней Сибири. *Экология* №5, 2005 г., с1-10.
2. Mooney S.D., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments. *Mires and Peat*, Article 09, 2011, 1–18.
3. Pau G, Fuchs F, Sklyar O, Boutros M, Huber W. “EBImage—an R package for image processing with applications to cellular phenotypes.” *Bioinformatics*, 26(7), 2010, 979–981.
4. Higuera P. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and Analytical Tools for Sediment Charcoal Analysis: User’s Guide. Bozeman, MT: Montana State Univ, 2009. 32 p.
5. Mooney S.D., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments. *Mires and Peat*, Article 09, 2011, 1–18.
6. Monserud, R.A., Tchebakova, N.M., Denissenko, O.V. Reconstruction of the mid-Holocene palaeoclimate of Siberia using a bioclimatic vegetation model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 139, 1998 15–36.
7. Andreev, A.A., Tarasov, P.E., Siebert, C., Ebel, T., Klimanov, V.A., Melles, M., Bobrov, A.A., Dereviagin, A.Y., Lubinski, D.J. And Hubberten, H.-W. Late Pleistocene and Holocene vegetation and climate on the northern Taymyr Peninsula, Arctic Russia. *Boreas*, 32: 2003, 484-505.

S u m m a r y.

Fire frequency during the Middle and Late Holocene in the Lower Tunguska River basin in vicinity of the settlement Tura (Central Evenkya) was reconstructed using macroscopic charcoal analysis in peat cores from two peatbogs. The obtained results show that low fire frequency occurred between 7900 - 3400 and 2300-400 cal years BP. Fire activity increased in 3700-2900 (2300) cal years BP and from XVII century to the present time.

Динамика экосистем в голоцене

Сборник статей

по материалам

VI всероссийской научной конференции (с международным участием)
Санкт-Петербург, РГПУ им. А. И. Герцена, 17-21 октября 2022 года

Электронное издание с оригинал-макета, предоставленного авторами

Типография РГПУ им. А.И. Герцена, 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48