



ИД «Академия Естествознания»

**УСПЕХИ
СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Научный журнал

№ 12 2023



**ADVANCES
IN CURRENT
NATURAL SCIENCES**

Scientific journal

No. 12 2023



PH Academy of Natural History

Успехи современного естествознания

Научный журнал

Журнал издается с 2001 года.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство – ПИ № ФС 77-63398.

«Успехи современного естествознания» – рецензируемый научный журнал, в котором публикуются статьи обладающие научной новизной, представляющие собой результаты завершённых исследований, проблемного или научно-практического характера, научные обзоры.

Журнал включен в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (ВАК РФ). К2.

Журнал ориентируется на профессиональных работников сельского хозяйства, экологов, научных сотрудников, специалистов в смежных областях знаний, занимающихся изучением наук о земле.

Основные научные направления: 1.6. Науки о Земле и окружающей среде, 2.8. Недропользование и горные науки, 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

Технический редактор

Доронкина Е.Н.

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

Корректор

Галенкина Е.С.,

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

Дудкина Н.А.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент *Абдулваев Р.Р.* (Уфа); д.г.-м.н., проф., *Аблхасимов Х.Б.* (Астана); д.т.н., проф. *Айдосов А.* (Алматы); д.г.-м.н., проф., *Алексеев С.В.* (Иркутск); д.х.н., проф., *Алоев В.З.* (Нальчик); д.г.н., проф. *Андреев С.С.* (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, *Андреева Е.С.* (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент *Анищенко Л.Н.* (Брянск); д.с.-х.н., проф. *Байрамбеков Ш.Б.* (Камызяк); д.т.н., проф. *Бейсембаев К.М.* (Караганда); д.т.н., проф. *Белозеров В.В.* (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент *Белоус О.Г.* (Сочи); д.с.-х.н., проф. *Берсон Г.З.* (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. *Бондарев В.И.* (Екатеринбург); д.т.н., профессор *Галкин А.Ф.* (Ухта); д.г.-м.н., проф. *Гавришин А.И.* (Новочеркасск); д.с.-х.н., *Горбачева А.Г.* (Пятигорск); д.с.-х.н., *Горянин О.И.* (Самара); д.г.-м.н., проф. *Гусев А.И.* (Бийск); д.с.-х.н., проф. *Данилин И.М.* (Красноярск); д.б.н., доцент *Долгов А.В.* (Мурманск); д.э.н., проф. *Долятовский В.А.* (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. *Дресвянников А.Ф.* (Казань); д.г.н., проф. *Егорова А.В.* (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. *Ерофеев В.И.* (Томск); д.с.-х.н., проф. *Залесов С.В.* (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент *Захарченко А.В.* (Томск); д.с.-х.н., проф. *Зволинский В.П.* (Волгоград); д.х.н., проф. *Ивашкевич А.Н.* (Москва); д.б.н., доцент *Кавцевич Н.Н.* (Мурманск); д.т.н., проф. *Калякин С.А.* (Донецк); д.с.-х.н., проф. *Караев М.К.* (Махачкала); д.г.-м.н., проф. *Кашаев А.А.* (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. *Кобрунов А.И.* (Ухта); д.г.-м.н., доцент *Копылов И.С.* (Пермь); д.г.-м.н., проф. *Костицын В.И.* (Пермь); д.с.-х.н., проф. *Костылев П.И.* (Зерноград); д.э.н., проф. *Косыкова И.В.* (Самара); д.с.-х.н., *Коцарева Н.В.* (Белгород); д.т.н., доцент *Кузиков О.Н.* (Тюмень); д.г.-м.н., проф. *Кучеренко И.В.* (Томск); д.б.н., проф. *Ларионов М.В.* (Саратов); д.г.-м.н., проф. *Лебедев В.И.* (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. *Лерер А.М.* (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. *Луговской А.М.* (Москва); д.г.-м.н., проф. *Мельников А.И.* (Иркутск); д.т.н., проф. *Мусаев В.К.* (Москва); д.т.н., доцент *Нехорошева А.В.* (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., *Никитин С.Н.* (Ульяновск); д.с.-х.н., *Оказова З.П.* (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. *Партоев К.* (Душанбе); д.с.-х.н., проф. *Петелько А.И.* (Миценск); д.т.н., проф. *Петров М.Н.* (Красноярск); д.т.н., проф. *Пируман Г.П.* (Ереван); д.с.-х.н., проф. *Проездов П.Н.* (Саратов); д.г.-м.н., проф. *Сакиев К.С.* (Бишкек); д.б.н. *Сибикеев С.Н.* (Саратов); д.с.-х.н., доцент *Сокольская О.Б.* (Саратов); д.т.н., проф. *Степанов В.В.* (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. *Тарасенко А.А.* (Тюмень); д.т.н. *Теплухин В.К.* (Октябрьский); д.э.н., проф. *Титов В.А.* (Москва); д.с.-х.н., проф. *Титов В.Н.* (Саратов); д.с.-х.н., проф. *Тихановский А.Н.* (Салехард); д.г.-м.н., проф. *Трофименко С.В.* (Нерюнгри); д.т.н., проф. *Ульрих Е.В.* (Кемерово); д.г.н., проф. *Чодураев Т.М.* (Бишкек); д.с.-х.н., проф. *Шамшиев Б.Н.* (Ош); д.т.н., проф. *Шантарин В.Д.* (Тюмень); д.т.н., проф. *Шатов А.А.* (Уфа); д.ф.-м.н., проф. *Ширапов Д.Ш.* (Улан-Удэ); д.т.н., проф. *Шишелова Т.И.* (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. *Шузунов Л.Ж.* (Нальчик); д.г.-м.н., проф. *Юргенсон Г.А.* (Чита); д.г.н., проф. *Яковенко Н.В.* (Воронеж); д.т.н., проф. *Ямалетдинова К.Ш.* (Челябинск)

ISSN 1681-7494

Электронная версия: <http://www.natural-sciences.ru>

Правила для авторов: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,775

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,368

Периодичность

12 номеров в год

Учредитель, издатель и редакция

ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес

105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя

440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Типография

ООО «НИЦ Академия Естествознания»
410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

E-mail

edition@rae.ru

Телефон

+7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

29.12.2023

Дата выхода номера

31.01.2023

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

31,25

Тираж

1000 экз.

Заказ

УСЕ 2023/12

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

Advances in current natural sciences

Scientific journal

The journal has been published since 2001.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications. **Certificate – PI No. FS 77-63398.**

«Advances in current natural sciences» is a peer-reviewed scientific journal that publishes articles of scientific novelty, which are the results of completed research, of a problematic or scientific-practical nature, scientific reviews.

The journal is included in the current List of peer-reviewed scientific publications (HCC RF). **K2.**

The journal is aimed at professional agricultural workers, environmentalists, researchers, specialists in related fields of study geosciences.

Main scientific directions: 1.6. Earth and environmental sciences, 2.8. Subsoil use and mining sciences, 4.1. Agronomy, forestry and water management.

CHIEF EDITOR

Ledvanov Mikhail Yurievich, Dr. Sci. (Medical), Prof.

Technical editor

Doronkina E.N.

DEPUTY CHIEF EDITOR

Kurzanov Anatoly Nikolaevich, Dr. Sci. (Medical), Prof.

Corrector

Galenkina E.S.,

Dudkina N.A.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

EDITORIAL BOARD

D.Sc., Docent **Abdulvaleev R.R.** (Ufa); D.Sc., Prof. **Abilkhasimov Kh.B.** (Astana); D.Sc., Prof. **Aidosov A.** (Almaty); D.Sc., Prof. **Alekseev S.V.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Aloev V.Z.** (Nalchik); D.Sc., Prof. **Andreev S.S.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent, **Andreeva E.S.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent **Anishchenko L.N.** (Bryansk); D.Sc., Prof. **Bayrambekov Sh.B.** (Kamyzyak); D.Sc., Prof. **Beisembaev K.M.** (Karaganda); D.Sc., Prof. **Belozеров V.V.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent **Belous O.G.** (Sochi); D.Sc., Prof. **Berson G.Z.** (Velikiy Novgorod); D.Sc., Prof. **Bondarev V.I.** (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. **Galkin A.F.** (Ukhta); D.Sc., Prof. **Gavrishin A.I.** (Novocheboksarsk); D.Sc. **Gorbacheva A.G.** (Pyatigorsk); D.Sc. **Goryanin O.I.** (Samara); D.Sc., Prof. **Gusev A.I.** (Biysk); D.Sc., Prof. **Danilin I.M.** (Krasnoyarsk); D.Sc., Docent **Dolgov A.V.** (Murmansk); D.Sc., Prof. **Dolyatovsky V.A.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. **Dresvyannikov A.F.** (Kazan); D.Sc., Prof. **Egorina A.V.** (Ust-Kamenogorsk); D.Sc., Prof. **Erofeev V.I.** (Tomsk); D.Sc., Prof. **Zalesov S.V.** (Ekaterinburg); D.Sc., Docent **Zakharchenko A.V.** (Tomsk); D.Sc., Prof. **Zvolinsky V.P.** (Volgograd); D.Sc., Prof. **Ivashkevich A.N.** (Moscow); D.Sc., Docent **Kavtsevich N.N.** (Murmansk); D.Sc., Prof. **Kalyakin S.A.** (Donetsk); D.Sc., Prof. **Karaev M.K.** (Makhachkala); D.Sc., Prof. **Kashaev A.A.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Kobrunov A.I.** (Ukhta); D.Sc., Docent **Kopylov I.S.** (Perm); D.Sc., Prof. **Kostitsyn V.I.** (Perm); D.Sc., Prof. **Kostylev P.I.** (Zernograd); D.Sc., Prof. **Kosyakova I.V.** (Samara); D.Sc., **Kotsareva N.V.** (Belgorod); D.Sc., Docent **Kuzakov O.N.** (Tyumen); D.Sc., Prof. **Kucherenko I.V.** (Tomsk); D.Sc., Prof. **Larionov M.V.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Lebedev V.I.** (Kyzyl); D.Sc., Prof. **Lerer A.M.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. **Lugovskoy A.M.** (Moscow); D.Sc., Prof. **Melnikov A.I.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Musaev V.K.** (Moscow); D.Sc., Docent **Nehorosheva A.V.** (Khanty-Mansiysk); D.Sc. **Nikitin S.N.** (Ulyanovsk); D.Sc. **Okazova Z.P.** (Vladikavkaz); D.Sc., Prof. **Partoev K.** (Dushanbe); D.Sc., Prof. **Petelko A.I.** (Mtsensk); D.Sc., Prof. **Petrov M.N.** (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. **Pirumyan G.P.** (Yerevan); D.Sc., Prof. **Proezdov P.N.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Sakiev K.S.** (Bishkek); D.Sc. **Sibikeev S.N.** (Saratov); D.Sc., Docent **Sokolskaya O.B.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Stepanov V.V.** (Saint Petersburg); D.Sc., Prof. **Tarasenko A.A.** (Tyumen); D.Sc. **Teplukhin V.K.** (Oktyabr'skiy); D.Sc., Prof. **Titov V.A.** (Moscow); D.Sc., Prof. **Titov V.N.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Tikhonovskiy A.N.** (Salekhard); D.Sc., Prof. **Trofimenko S.V.** (Neryungri); D.Sc., Prof. **Ulrich E.V.** (Kemerovo); D.Sc., Prof. **Choduraev T.M.** (Bishkek); D.Sc., Prof. **Shamshiev B.N.** (Osh); D.Sc., Prof. **Shantarin V.D.** (Tyumen); D.Sc., Prof. **Shatov A.A.** (Ufa); D.Sc., Prof. **Shirapov D.Sh.** (Ulan-Ude); D.Sc., Prof. **Shishelova T.I.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Shugunov L.Zh.** (Nalchik); D.Sc., Prof. **Yurgenson G.A.** (Chita); D.Sc., Prof. **Yakovenko N.V.** (Voronezh); D.Sc., Prof. **Yamaletdinova K.Sh.** (Chelyabinsk)

ISSN 1681-7494

Electronic version: <http://www.natural-sciences.ru>

Rules for authors: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Impact-factor RISQ (two-year) = 0,775

Impact-factor RISQ (five-year) = 0,368

Periodicity	12 issues per year
Founder, publisher and editors	LLC PH Academy of Natural History
Mailing address	105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial and publisher address	440026, Penza, st. Lermontov, 3
Printing house	LLC SPC Academy of Natural History 410035, Saratov, st. Mamontova, 5
E-mail	edition@rae.ru
Signed for print	29.12.2023
Format	60x90 1/8
Circulation	1000 copies
Telephone	+7 (499) 705-72-30
Number issue date	31.01.2023
Conditionally printed sheets	31,25
Order	YCE 2023/12

Distribution at a free price

Subscription index in the Russian Post electronic catalog: P7816

© LLC PH Academy of Natural History

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство)

СТАТЬИ

РОЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ В АПРОБАЦИИ И ВНЕДРЕНИИ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ <i>Грошева О.А.</i>	10
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПУЛ В СИСТЕМЕ ДОСТУПНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ <i>Полоус В.С., Брусов В.Д., Степанов С.П., Проколова Л.О., Осауленко С.Н.</i>	18
ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СВЕТОВОГО ДНЯ НА ОСОБЕННОСТИ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА И РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ СФАГНОВЫХ МХОВ <i>Штанг А.К., Пономарева Т.И., Скрябина А.О.</i>	27

Сельскохозяйственные науки (4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация)

СТАТЬИ

ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ КЯХТИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ <i>Кисова С.В., Гладинов А.Н., Татарникова В.Ю., Олзоева Э.Б., Будаев З.А.</i>	33
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЕЕ АРЕАЛА <i>Корчагов С.А., Щекалев Р.В., Грибов С.Е., Михайлов К.Л., Чавчавадзе Е.С.</i>	39
ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТАКСАЦИИ ЛЕСА НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ – КУЗБАССА <i>Щербакова Л.Н., Федулова Е.А., Рада А.О.</i>	45

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

СТАТЬИ

ИЗ ИСТОРИИ ОСВОЕНИЯ СЕВЕРНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЗОНЫ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОДЫ XX СТОЛЕТИЯ <i>Азарова Л.В.</i>	51
ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТАЛДУРА (ЮЖНО-ЧУЙСКИЙ ХРЕБЕТ, АЛТАЙ) <i>Банцев Д.В., Овсяян А.А., Каспин М.О., Бакшеева Т.В., Горбунова Ю.А., Чебыкина Е.П.</i>	57
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА <i>Васильева Т.В.</i>	64
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОПАРКА «ЯНГАН-ТАУ» И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА «РЕЖЕВСКОЙ» С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ <i>Гордеева И.В.</i>	71
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТУРИСТСКОГО ОПОРНОГО КАРКАСА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «БЕЛЯНКА» <i>Егоров С.С.</i>	77

КАРАБИДОФАУНА (COLEOPTERA, CARABIDAE) ПРИДОРОЖНЫХ УРБООЦЕНОЗОВ ПОДМОСКОВНОЙ МЕЩЕРЫ <i>Зыков И.Е., Хотулева О.В., Завальцева О.А.</i>	83
ТЕНДЕНЦИИ ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ ВОД ИЗ МОСКВЫ-РЕКИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ <i>Козлов А.В., Жевнеров А.В., Аникина Д.С.</i>	88
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ОЗЕР ТОБОЛО-ИШИМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ <i>Корнеевкова Н.Ю.</i>	96
ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОЧВАМИ ЗАПАДНОГО СКЛОНА СУРА-СВИЯЖСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ <i>Кузнецова О.Г., Рукавицын В.В., Хоменко В.П., Евграфова И.М.</i>	101
РАЗВИТИЕ ГЛЭМПИНГА В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ <i>Маслова О.М., Дудник М.А., Прудникова Н.Г.</i>	107
ВЛИЯНИЕ ОТКРЫТОСТИ ИВАНО-АРАХЛЕЙСКИХ ОЗЕР НА ФОРМИРОВАНИЕ В НИХ ДОННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНО МАЛОВОДНЫЙ ПЕРИОД <i>Матафонов П.В., Шойдоков А.Б., Базарова Б.Б., Матюгина Е.Б., Михеев И.Е.</i>	115
ПРИРОДООРИЕНТИРОВАННЫЕ ВИДЫ ТУРИЗМА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕСУРСОВ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ <i>Михайлова Г.В.</i>	121
К ПРОБЛЕМЕ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ДЕТСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ МБДОУ № 5 «АЛЕНУШКА» Г. АРМЯНСК РЕСПУБЛИКИ КРЫМ) <i>Мурадова А.В., Безгина Ю.А., Степаненко Е.Е., Халикова В.А., Зверева О.С.</i>	129
ГОРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ АДЫГЕИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ <i>Назаренко О.В.</i>	135
ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ТУОСТАХ» ДЛЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Николаев А.А.</i>	140
ИЗУЧЕНИЕ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ЛАБЫНЬКЫР) <i>Обутов К.А., Дегтева Ж.Ф., Данилов Ю.Г.</i>	146
О КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ К ФОРМИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ И КУЛЬТУРЫ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ <i>Тарасова О.С., Дудина Т.Н.</i>	155
ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ПАВОДКОВОГО РЕЖИМА РЕКИ НАЛЬЧИК КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ <i>Чигирова Л.Б.</i>	162
НАУЧНЫЙ ОБЗОР	
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ЭКОСИСТЕМАМИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Голусов П.В.</i>	169

Геолого-минералогические науки (1.6.3, 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.12, 1.6.17, 1.6.21)
СТАТЬИ

ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭСХАЛЯЦИЮ РАДОНА В ГРУНТАХ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАНИ И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ <i>Апкин Р.Н., Сонин Г.В.</i>	178
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ ЯКУТСКОГО ПОДНЯТИЯ <i>Калинин А.И.</i>	185
АНАЛИЗ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЯКУТИИ <i>Оболкин А.П., Слепцова М.И., Севостьянова Р.Ф.</i>	193
ПАРАМЕТРЫ НЕЛИНЕЙНЫХ СВЯЗЕЙ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА ЧЕРЕЗ КОМПЛЕКС ФРАКЦИЙ ПРОППАНТА <i>Песков А.В.</i>	199

Технические науки (1.6.7, 1.6.9, 1.6.16, 2.8.1, 2.8.6, 2.8.7, 2.8.9)
СТАТЬИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ГРУНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТВЕРДОГО ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ ЯКУТИИ <i>Большев К.Н., Степанов А.В., Малышев А.В., Ефимов В.М.</i>	204
РАСЧЕТ ТАЯНИЯ ЛЕДНИКА В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ДАННЫХ <i>Зырянова Д.С., Пряхина Г.В., Распутина В.А., Кузнецова М.Р.</i>	210
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТЯЖЕЛЫХ ЧАСТИЦ ЧЕРЕЗ МАГНИТНУЮ ПОСТЕЛЬ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЫ С ПОЛЮСОПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ <i>Слепцова Е.С., Яковлев Б.В., Матвеев А.И.</i>	218
ДОБАВЛЕНИЕ БЕЛКА ЖЕЛАТИНА К БЕНТОНИТОВОЙ ДИСПЕРСИИ КАК СПОСОБ РЕГУЛЯЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОГО АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ОБОГАЩЕНИЯ <i>Сумина А.В., Бортников С.В., Горенкова Г.А., Беспалова М.А.</i>	224
ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ ГЛИНИСТЫХ ПЕСКОВ ПРИ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКЕ: МЕХАНИЗМ И ПОСЛЕДСТВИЯ В ОБЛАСТИ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ И ОБОГАЩЕНИЯ <i>Ширман Г.В.</i>	230

Технические науки (1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия)
СТАТЬЯ

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА <i>Осинцева М.А.</i>	235
--	-----

Физико-математические науки (1.6.22)
СТАТЬЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ УСТРОЙСТВА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЮЖНОЙ РОКАДЫ В МОСКВЕ <i>Тоболкин К.А.</i>	241
---	-----

CONTENTS

Agricultural Sciences (4.1.1. General Agriculture and Plant Growing)

ARTICLES

THE ROLE OF DOMESTIC RESEARCH CENTERS IN THE TESTING AND IMPLEMENTATION OF SOIL PROTECTION TECHNOLOGIES IN THE STEPPE ZONE <i>Grosheva O.A.</i>	10
BIOLOGICAL POOL IN THE SYSTEM OF AVAILABLE ORGANIC FERTILIZERS AND ENERGY-SAVING SOIL TREATMENTS <i>Polous V.S., Brusov V.D., Stepanov S.P., Prokopova L.O., Osaulenko S.N.</i>	18
INFLUENCE OF PHOTOPERIOD ON THE FEATURES OF THE PIGMENT COMPLEX AND GROWTH PROCESSES OF SPAGNUM MOSSES <i>Shtang A.K., Ponomareva T.I., Skryabina A.O.</i>	27

Agricultural sciences (4.1.6. Forestry, forestry, forest crops, agroforestry improvement, greening, forest pyrology and taxation)

ARTICLES

ASSESSMENT OF REFORESTATION PROCESSES IN THE DRY-STEPPE ZONE OF THE KYAKHTA FOREST DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BURYATIA <i>Kisova S.V., Gladinov A.N., Tatarnikova V.Yu., Olzoeva E.B., Budaev Z.A.</i>	33
VARIABILITY OF WOOD DENSITY OF SCOTS PINE IN THE NORTH-EASTERN PART OF ITS RANGE <i>Korchagov S.A., Schekalev R.V., Gribov S.E., Mikhaylov K.L., Chavchavadze E.S.</i>	39
THE PRACTICE OF USING AIRCRAFT FOR DIGITAL FOREST INVENTORY ON THE EXAMPLE OF THE KEMEROVO REGION – KUZBASS <i>Scherbakova L.N., Fedulova E.A., Rada A.O.</i>	45

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

ARTICLES

FROM THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE NORTHERN AGRICULTURAL ZONE OF THE OMSK REGION DURING THE TWENTIETH CENTURY <i>Azarova L.V.</i>	51
ISOTOPIC COMPOSITION OF PRECIPITATION IN THE TALDURA RIVER BASIN (THE SOUTH CHUYA RIDGE, ALTAI) <i>Bantsev D.V., Ovsepyan A.A., Kaspin M.O., Baksheeva T.V., Gorbunova Yu.A., Chebykina E.P.</i>	57
ECOLOGICAL PROBLEMS OF TERRITORIAL DEVELOPMENT OF ST. PETERSBURG <i>Vasilieva T.V.</i>	64
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE “YANGAN-TAU” GEOPARK AND THE “REZHEVSKOY” MINERALOGICAL RESERVE FROM THE POINT OF TOURIST ATTRACTIVENESS <i>Gordeeva I.V.</i>	71
DETERMINATION OF THE SUPPORTING FRAME OF THE PROTECTED AREA “BELYANKA” <i>Egorov S.S.</i>	77

CARABIDOFAUNA (COLEOPTERA, CARABIDAE) OF ROADSIDE URBANOCENOSES OF THE MOSCOW REGION MESCHERA <i>Zykov I.E., Khotuleva O.V., Zavaltseva O.A.</i>	83
THE TRENDS IN ECOLOGICAL, HYDROCHEMICAL AND GEOCHEMICAL INDICATORS OF NATURAL WATERS FROM THE MOSKVA-RIVER IN CONDITIONS OF THE CENTRAL URBAN AGLOMERATION <i>Kozlov A.V., Zhevnerov A.V., Anikina D.S.</i>	88
THE LONG-TERM DYNAMICS OF LAKE AREAS IN THE TOBOLO-ISHIM INTERFLUVE BASED ON SATELLITE DATA <i>Korneenkova N.Yu.</i>	96
HEAVY METAL CONTAMINATION OF SOILS ON THE WESTERN SLOPE OF THE SURA-SVIYAZHNSKY INTERFLUVE OF THE VOLGA UPLAND <i>Kuznetsova O.G., Rukavitsyn V.V., Khomenko V.P., Evgrafova I.M.</i>	101
THE DEVELOPMENT OF GLAMPING IN THE ALTAI REGION <i>Maslova O.M., Dudnik M.A., Prudnikova N.G.</i>	107
INFLUENCE THE OPENNESS OF THE IVANO-ARAKHLEI LAKES ON THE FORMATION OF BOTTOM LANDSCAPES IN THEM IN AN EXTREMELY LOW-WATER PERIOD <i>Matafonov P.V., Shoydakov A.B., Bazarova B.B., Matyugina E.B., Mikheev I.E.</i>	115
THE IMPACT OF NATURAL TOURISM ON THE CONSERVATION AND USE OF BIOLOGICAL RESOURCES OF THE NORTHERN TERRITORIES OF RUSSIA <i>Mikhaylova G.V.</i>	121
ON THE PROBLEM OF GREENING CHILDREN'S EDUCATIONAL INSTITUTIONS (BASED ON THE EXAMPLE OF MBDOU NO. 5 «ALENUSHKA» ARMENSK REPUBLIC OF CRIMEA) <i>Muradova A.V., Bezgina Yu.A., Stepanenko E.E., Khalikova V.A., Zvereva O.S.</i>	129
MOUNTAIN LANDSCAPES OF ADYGEA IN CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION <i>Nazarenko O.V.</i>	135
ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL ASSESSMENT RESOURCE RESERVE «TUOSTAKH» FOR TOURIST AND RECREATIONAL ACTIVITIES <i>Nikolaev A. A.</i>	140
STUDY OF THE LANDSCAPE STRUCTURE OF HARD-TO-REACH TERRITORIES USING GIS TECHNOLOGIES (USING THE EXAMPLE OF LAKE LABYNKYR) <i>Obutov K.A., Degteva Zh.F., Danilov Yu.G.</i>	146
ON AN INTEGRATED APPROACH TO THE FORMATION OF ENVIRONMENTAL LITERACY AND CULTURE IN THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION <i>Tarasova O.S., Dudina T.N.</i>	155
DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF THE FLOOD REGIME OF THE NALCHIK RIVER KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC <i>Chigirova L.B.</i>	162
НАУЧНЫЙ ОБЗОР	
PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE POTENTIAL FOR CARBON DIOXIDE ABSORPTION BY ECOSYSTEMS OF THE BELGOROD OBLAST <i>Goleusov P.V.</i>	169

Geological and mineralogical sciences (1.6.3, 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.12, 1.6.17, 1.6.21)
ARTICLES

INFLUENCE OF GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL FACTORS FOR RADON ESCALATION IN SOILS IN THE TERRITORY OF KAZAN AND ITS SURROUNDING <i>Apkin R.N., Sonin G.V.</i>	178
PROMISING OIL AND GAS COMPLEXES ON THE NORTHERN SLOPE OF THE YAKUT UPLIFT <i>Kalinin A.I.</i>	185
ANALYSIS OF SEISMIC SURVEYS TO ASSESS THE OIL AND GAS POTENTIAL OF THE NORTHEAST OF YAKUTIA <i>Obolkin A.P., Sleptsova M.I., Sevostyanova R.F.</i>	193
PARAMETERS OF NONLINEAR CONNECTIONS DURING GAS FILTRATION THROUGH A COMPLEX OF PROPPANT FRACTIONS <i>Peskov A.V.</i>	199

Technical sciences (1.6.7, 1.6.9, 1.6.16, 2.8.1, 2.8.6, 2.8.7, 2.8.9)
ARTICLES

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF GROUND COOLING USING SOLID CARBON DIOXIDE IN THE CONDITIONS OF THE CRYOLITHOZONE OF YAKUTIA <i>Bolshev K.N., Stepanov A.V., Malyshev A.V., Efimov V.M.</i>	204
CALCULATION OF GLACIER MELTING IN CONDITIONS OF LACK OF DATA <i>Zyryanova D.S., Pryakhina G.V., Rasputina V.A., Kuznetsova M.R.</i>	210
PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF THE PERMEABILITY OF HEAVY PARTICLES THROUGH THE MAGNETIC BED OF A JIGGING MACHINE WITH A POLE-VARIABLE MAGNETIC FIELD <i>Sleptsova E.S., Yakovlev B.V., Matveev A.I.</i>	218
THE ADDITION OF GELATIN PROTEIN TO BENTONITE DISPERSION AS A WAY TO REGULATE THE TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NATURAL ALUMINOSILICATE RAW MATERIALS IN THE PROCESS OF ITS ENRICHMENT <i>Sumina A.V., Bortnikov S.V., Gorenkova G.A., Bespalova M.A.</i>	224
HYDROPHOBIZATION OF THE SURFACE OF MINERAL FORMS OF CLAY SANDS DURING CRYOGENIC TREATMENT: MECHANISM AND CONSEQUENCES IN THE FIELD OF DISINTEGRATION AND ENRICHMENT <i>Shirman G.V., Matveev A.I.</i>	230

Technical sciences (1.6.19. Aerospace exploration of the Earth, photogrammetry)
ARTICLE

REMOTE SENSING OF OVERBURDEN DUMPS OF COAL DEPOSITS IN KUZBASS <i>Osintseva M.A.</i>	235
---	-----

Physical and mathematical sciences (1.6.22)
ARTICLE

RESEARCH OF GEODETIC METHODS FOR CONTROL OF ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION ON THE EXAMPLE OF THE SOUTH ROKADA SECTION IN MOSCOW <i>Tobolkin K.A.</i>	241
---	-----

СТАТЬИ

УДК 631.559
DOI

РОЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ В АПРОБАЦИИ И ВНЕДРЕНИИ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ

Грошева О.А.

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, e-mail: Groshev06@yandex.ru

В статье приводится анализ деятельности современных отечественных научных центров по внедрению и применению ресурсосберегающих почвозащитных технологий (на примере No-till) в степной зоне. Выделено несколько основных аграрных центров по апробации и внедрению No-till – на Северном Кавказе (Ростовская область, Ставропольский край) и в Крыму, в Центрально-Черноземном районе (Курская, Белгородская и Воронежская области), Поволжье (Самарская, Саратовская и Волгоградская области), Зауралье (Республика Башкортостан, Челябинская и Курганская области) и Сибири (Омская и Новосибирская области, Алтайский край). Представлены результаты по урожайности сельскохозяйственных культур и экономической эффективности, полученные на опытных полях и курируемых агропредприятиях Северо-Кавказского ФНАЦ, Курского ФАНЦ, НИИСХ Крыма, Донского ГАУ, Самарского НИИСХ, Курганского НИИСХ. Сравнительный анализ применения различных видов отвальной и минимальной обработок и технологии No-till показывает, что урожайность озимых и яровых зерновых, кукурузы, подсолнечника, сорго, проса, полученная в различных регионах России, относительно сопоставима. Результаты по урожайности приобретают более весомое значение при учете положительных факторов использования No-till: улучшении структурного состояния, влагосберегающих и водно-физических свойств почв, увеличении содержания гумуса и элементов питания растений, активизации противозерозионных свойств почв, то есть перехода в режим функционирования, который близок к естественному. Важным положительным аспектом применения No-till, как показывают исследования современных аграрных научных центров, являются показатели экономической эффективности, которые в основном превышают аналогичные, полученные с использованием традиционных технологий.

Ключевые слова: аграрные научные центры, отвальная обработка, минимальная обработка, No-till, урожайность, экономическая эффективность

Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН № АААА-А21-121011190016-1.

THE ROLE OF DOMESTIC RESEARCH CENTERS IN THE TESTING AND IMPLEMENTATION OF SOIL PROTECTION TECHNOLOGIES IN THE STEPPE ZONE

Grosheva O.A.

*Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy
of Sciences Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, e-mail: Groshev06@yandex.ru*

The article provides an analysis of the activities of modern domestic research centers on the introduction and application of resource-saving soil protection technologies (using the example of no-till) in the steppe zone. Several main agricultural centers for the testing and implementation of no-till have been identified – in the North Caucasus (Rostov region, Stavropol Territory) and in the Crimea, in the Central Black Earth region (Kursk, Belgorod and Voronezh regions), the Volga region (Samara, Saratov and Volgograd regions), Trans-Urals (Republic of Bashkortostan, Chelyabinsk and Kurgan regions) and Siberia (Omsk and Novosibirsk regions, Altai Territory). The results on crop yields and economic efficiency obtained on experimental fields and supervised agricultural enterprises of the North Caucasus Federal Scientific Research Center, Kursk FANC, Research Institute of Agriculture of the Crimea, Don State Agrarian University, Samara Research Institute of Agriculture, Kurgan Research Institute of Agriculture are presented. A comparative analysis of the use of various types of moldboard and minimum tillage and no-till technology shows that the yield of winter and spring grains, corn, sunflower, sorghum, millet obtained in different regions of Russia is relatively comparable. Yield results become more significant when taking into account the positive factors of using no-till: improving the structural condition, moisture-saving and water-physical properties of soils, increasing the content of humus and plant nutrients, enhancing the anti-erosion properties of soils, i.e. transition to a functioning mode that is close to natural. An important positive aspect of the use of no-till, as studies of modern agricultural research centers show, are economic efficiency indicators, which generally exceed those obtained using traditional technologies.

Keywords: agricultural research centers, dump processing, minimal processing, No-till, productivity, economic efficiency

The article was prepared on the topic of scientific research work of the Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences No. АААА-А21-121011190016-1.

Закономерным продолжением идей почвозащитного ресурсосберегающего земледелия отечественных ученых-новаторов И.Е. Овсинского, Н.М. Тулайкова, Т.С. Мальцева, А.И. Бараева, А.Н. Каштанова, В.И. Кирюшина является освоение технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы – системы No-till. Эта система земледелия предполагает совершенно иную технологию производства сельскохозяйственных культур, которая включает посев, внесение удобрений, обработку средствами защиты растений и уборку, с оставлением растительных остатков предшествующих культур на поверхности почвы. Наличие достаточно мощного слоя пожнивных растительных остатков предшественников позволяет сохранять влагу в верхнем корнеобитаемом слое почвы, значительно снижая потерю влаги на испарение, что в дальнейшем способствует росту биомассы растений и формированию урожая сельскохозяйственных культур. Наряду с активизацией различных почвозащитных механизмов, повышением биологической активности почв, темпов прироста органического вещества, несомненным достоинством технологии No-till является накопление и сохранение влаги, с последующим ее использованием в летний период. Этот положительный аспект очень важен, так как влагообеспеченность играет роль лимитирующего фактора на основной части посевных площадей зерновых культур степной зоны России, расположенных в «зоне рискованного земледелия».

В России систему земледелия No-till осваивают в первую очередь средние производители сельскохозяйственной продукции (крестьянско-фермерские хозяйства), убедившись в ее надежности и эффективности [1]. При этом задача аграрных научных центров России состоит в апробации и адаптации технологии No-till к различным почвенно-климатическим условиям конкретного региона.

Целью исследования является анализ деятельности современных отечественных научных центров по апробации и внедрению ресурсосберегающей почвозащитной технологии No-till в степной зоне России.

Материалы и методы исследования

В качестве материала для исследования были использованы опубликованные в различных изданиях научные работы отечественных ученых, в которых содержатся результаты, полученные при применении

технологии No-till, в сравнении с традиционной (отвальной) и минимальной обработками. Одними из основных показателей при оценке эффективности применяемых агротехнологий являются урожайность и экономическая эффективность. Оценка роли современных отечественных научных центров в развитии теоретических идей и практических приемов почвозащитного ресурсосберегающего земледелия выполнена на основе сравнительно-географического метода исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

По данным российских ученых [2], площадь возделываемых сельскохозяйственных культур в России по различным вариантам технологии No-till на начало XXI в. не превышала 2,0 млн га, что составляло 2,4% от площади посевных площадей России. Необходимо отметить, что в настоящее время при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Белгородской области (Белгородской модели АЛЗС) прямой посев используется на площади 335 тыс. га, а система No-till – 168 тыс. га [3]. В Алтайском крае по технологии No-till освоено около 300 тыс. га [4]. В Ставрополье No-till применяется на площади более 246 тыс. га [5], причем более половины площадей находится в засушливой зоне (при суммарном количестве осадков 402–450 мм), что обусловлено лучшим накоплением и использованием влаги благодаря наличию на поверхности почвы растительных остатков предшествующих культур [6].

Основная часть посевов сельскохозяйственных культур по технологии No-till – это поля новаторских крестьянско-фермерских хозяйств, опытные поля научно-исследовательских институтов и опытных станций. Сложилась ситуация, когда производители сельскохозяйственной продукции идут впереди отечественной аграрной науки.

Среди основных причин медленного освоения технологии No-till можно выделить необходимость разработки ее вариантов в различных почвенно-климатических условиях нашей страны, применение дорогостоящей сельскохозяйственной техники, которая используется только в данной технологии, а также строгое соблюдение всех рекомендаций при выращивании сельскохозяйственных культур по No-till, довольно большие капиталовложения на приобретение минеральных удобрений и средств защиты растений и, как отмечают ведущие от-

ественные ученые [7], падение урожайности в первые пять лет и при этом нежелание делать долговременные капиталовложения и рисковать при смене технологий.

Вместе с тем основные аграрные научные центры по апробации и внедрению почвозащитных ресурсо- и энергосберегающих технологий сформировались на Северном Кавказе (Ставрополье и Ростовская область) и Крыму, в Центрально-Черноземном районе (Курская, Белгородская и Воронежская области), в Поволжье (Самарская, Саратовская и Волгоградская области), в Зауралье (Республика Башкортостан, Челябинская и Курганская области) и в Сибири (Омская и Новосибирская области, Алтайский край).

Один из них – Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Ставропольский край, г. Михайловск), продолжая традиции Прикумской сельскохозяйственной опытной станции и Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства (СНИИСХ), ведет свои исследования по применению No-till для выращивания различных культур (озимой пшеницы, сои, гороха, льна, кукурузы, подсолнечника). Коллективом ученых (Р.С. Стукаловым, Р.Г. Гаджиумаровым, С.А. Антоновым) под руководством докт. сельхоз. наук проф. В.К. Дридигера на полях ООО «Добровольное», ООО «СХП Урожайное» и СПК «Архангельское» проведены опыты по применению различных вариантов технологии No-till, которая включает не только прямой посев, но и отказ от черного пара, введение плодосменных севооборотов с чередованием растений со стержневой и мочковатой корневыми системами, а также применение удобрений и средств защиты посевов от сорняков, вредителей и болезней.

Так, например, технология прямого посева, с оставлением пожнивных остатков на поверхности почвы, применялась и изучалась в Ставрополье на четырехпольных севооборотах (озимая пшеница, кукуруза,

горох, подсолнечник) [6]. При сравнении урожайности при применении прямого посева и традиционных технологий выявлено, что урожайность озимой пшеницы, полученная при применении отвальной вспашки после чистого черного пара и технологий прямого посева, вполне сопоставима (табл. 1). Технология No-till позволяет выращивать кукурузу на богаре, а урожайность подсолнечника выше урожайности, полученной при применении традиционных технологий.

Полученные результаты по урожайности сельскохозяйственных культур приобретают еще более весомое значение с учетом положительных факторов применения прямого посева: повышение влагосберегающих (лучшее накопление и использование влаги) и противозерозионных свойств почв, а также увеличение содержания гумуса и элементов питания растений [8, 9]. Еще одним из достоинств технологии No-till является отсутствие в структуре посевных площадей черных паров за счет использования растительных остатков предшествующих культур. Важным положительным аспектом служат и высокие показатели экономической эффективности. В частности, учеными Северо-Кавказского ФНАЦа [5] отмечается, что полученная при No-till прибыль в 2–4 раза выше показателей прибыли при традиционных технологиях.

В.К. Дридигер и его коллеги активно сотрудничают с учеными Почвенного института имени В.В. Докучаева: А.Л. Ивановым, В.П. Белобровым, С.А. Юдиным, О.В. Кутовой, Н.В. Ярославцевой, В.А. Холодовым, Н.Р. Ермолаевым и др. Кроме оказания научно-методической помощи в проведении исследований, специалистами Почвенного института, на основе изучения технологии No-till полевыми и дистанционными методами, установлено положительное влияние прямого посева на различные параметры почвенного плодородия, биологическую активность, физические и водно-физические свойства почв [6, 7, 10].

Таблица 1

Урожайность, полученная при применении традиционных технологий и технологии прямого посева (т/га) за 2012–2018 гг. [6]

Сельскохозяйственные предприятия	Озимая пшеница	Подсолнечник	Кукуруза	Горох
ООО «СХП Урожайное»	4,79	2,63	4,89	2,21
ООО «Добровольное»	3,92	2,07	4,94	2,39
Хозяйства, работающие по традиционным технологиям	4,06–4,80	1,52–1,63	без орошения не ведется	2,08–2,13

Таблица 2

Урожайность сельскохозяйственных культур при использовании различных технологий [7]

Технология	Культура и год уборки урожая	Урожайность, ц/га
Вспашка Минимальная обработка No-till	Озимая пшеница Немчиновская 17 2014	46,7
		42,2
		33,1
Вспашка Минимальная обработка No-till	Кукуруза 2015	84,0
		64,5
		58,1
Вспашка Минимальная обработка No-till	Горох Фараон +Овес Борец 2017	104,0
		101,0
		94,0
Вспашка Минимальная обработка No-till	Озимая пшеница Немчиновская 17 2018	34,0
		32,7
		33,0

Важным доказательством того, что технология No-till дает положительный результат только после пяти лет применения, является многолетний опыт, заложенный учеными «НИИ Агропромышленного производства» филиала Курского федерального аграрного научного центра (г. Курск) и Почвенного института имени В.В. Докучаева (г. Москва) (табл. 2). Сопоставимая урожайность озимой пшеницы (33,0 и 34,0 ц/га) была получена только на пятый год применения No-till.

Теснейшая интеграция ученых Почвенного института имени В.В. Докучаева с сотрудниками Северо-Кавказского и Курского аграрных центров позволила не только оценить целесообразность применения No-till, но и выявить положительные изменения свойств типичных черноземов в условиях климатических условий черноземной полосы Европейской части России.

Несомненно, важную роль в изучении и внедрении No-till играет Крымский центр, к которому можно отнести ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» (О.Л. Томашова, Н.Г. Осенний, А.В. Ильин и др.) и Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Е.Н. Турин, А.А. Гонгало, Л.А. Тимашева, О.А. Пехова, Е.Л. Турина, К.Г. Женченко, А.Н. Сусский и др.).

В опытах НИИСХ Крыма, например, при возделывании льна масличного, сорго и озимого ячменя в условиях умеренно континентального климата степного Крыма на южных черноземах, с большой достоверностью установлено, что технология No-till имела преимущество перед традиционной системой обработки по показателю нако-

пления доступной влаги в корнеобитаемом слое почвы. Урожайность зерна сорго, полученная по традиционной технологии, в среднем составила 1,51 т/га, что на 0,08 т/га выше, чем по No-till. Вместе с тем уровень рентабельности по использованию прямого посева был на 8% выше [11, 12].

В работах крымских ученых доказывается, что минимальное нарушение почвенного покрова, сохранение растительных остатков, применение адаптированных под No-till севооборотов с включением промежуточных почвопокровных культур выступает в качестве основных принципов No-till, при этом применение средств защиты растений и минеральных удобрений осуществляется «способами и в количествах, которые не препятствуют биологическим процессам или не нарушают их» [12–14].

Одним из представителей Ростовского центра является Донской государственный аграрный университет (Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская, Г.В. Мокриков, А.П. Авдеенко, Е.П. Луганцев, О.Н. Беляева и др.) (Ростовская область, пос. Персиановский).

Лидер применения No-till в Ростовском центре, автор эколого-адаптивной системы земледелия на ландшафтной основе, которая по сути является российским аналогом No-till, профессор Н.А. Зеленский считает, что, применяя ресурсосберегающие природоподобные технологии, можно получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, улучшая при этом физические и биологические свойства черноземных почв [15, 16]. Н.А. Зеленский с коллегами, проводя опыты в условиях приазовской зоны Ростовской области на полях ООО «НПП Агросфера» Октябрьского

района, при сравнении длительной отвальной вспашки, технологий Mini-till и No-till в звене севооборота «подсолнечник – озимая пшеница», доказали преимущество длительного применения прямого посева (табл. 3) [16]. При этом преимущество прямого посева, в сравнении со вспашкой, лучше проявляется в засушливые годы (прибавка: 2011 г. – 8,1 т/га, 2013 г. – 8,6 т/га). В увлажненные годы (2016 и 2017 гг.) прибавка составила 6,5 и 6,3 т/га.

Ростовские ученые считают, что главное при применении No-till не рекордные урожаи пшеницы, ячменя, подсолнечника, кукурузы, сои, а экономическая эффективность технологии и сохранение плодородия почвы. Важной составляющей технологии являются бинарные посева. На одном поле располагается основная полевая культура и бинарный компонент, в качестве которого используются бобовые культуры.

Одними из первых в России технологию No-till в условиях лесостепи Приобья стали изучать ученые Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства Сибирского ФНЦА РАН (пос. Краснообск Новосибирской области): А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких, П.И. Кудашкин, О.В. Кулагин, С.П. Кастючик и др. Сибирскими учеными установлено, что технология No-till вполне конкурентна с традиционными технологиями (отвальной вспашкой и безотвальным рыхлением), при этом увеличивается содержание продуктивной влаги, улучшаются водно-физические свойства и структура черноземов [17–19]. Так, в частности, при 100 мм продуктивной влаги весной и выпадении 150–200 мм осадков в течение вегетации урожайность яровой пшеницы при применении прямого посева на 10–12% выше, чем при использовании глубокого безотвального рыхления [17]. Осторожные оценки более широкого применения No-till, по мнению исследователей из Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства, связаны с необходимостью подбора сортов, устойчивых

к вредным организмам, а также более широким использованием минеральных удобрений и средств защиты растений [20].

Сопоставимость урожайности и других показателей продуктивности сельскохозяйственных культур, особенно зерновых и зернобобовых, выращенных при применении No-till и отвальной вспашки, подтверждается работами сотрудников Алтайского государственного аграрного университета В.В. Вольнова, Л.В. Соколовой под руководством докт. техн. наук проф. В.И. Беляева [21, 22].

Результаты многолетних исследований сотрудников Самарского НИИСХ (О.И. Горянин С.Н. Шевченко, Е.В. Щербинина, Б.Ж. Джангабаев, Л.В. Пронович, И.Ф. Медведев и др.) по применению посевного агрегата местного производства АУП-18.05 при прямом посеве в засушливых условиях Среднего Поволжья [23] подтверждают выводы сибирских ученых. За годы исследований с 2000 по 2010 г. установлено, что применение прямого посева не приводит к снижению урожайности зерновых, продуктивности севооборота и не ухудшает физических и технологических свойств зерна, отмечается и высокий экономический эффект от применения технологии прямого посева (табл. 4) [24]. Основным фактором получения наибольшего чистого дохода и обеспечения высоких показателей уровня рентабельности при применении прямого посева, по сравнению с традиционной технологией и минимальной обработкой, по мнению самарских ученых [25, 26], является рациональный расход влаги.

Положительным опытом внедрения почвозащитных технологий являются исследования, проводимые С.Д. Гилевым, И.Н. Цымбаленко, А.Н. Копыловым, Ю.В. Сурковой, Н.В. Иониной, Е.В. Нестеровой, В.П. Ефремовым на полях Курганского НИИСХа – научного центра по применению прямого посева с использованием анкерных сошников в плодосменном и зернопаровом севооборотах.

Таблица 3

Урожайность подсолнечника (т/га)
в зависимости от технологии подготовки почвы [16]

Варианты опытов	Годы							Средняя за 7 лет	Прибавка, т/га
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Длительная отвальная вспашка	12,3	18,9	14,0	21,3	12,6	18,2	19,6	16,7	–
Минимальная обработка	11,9	21,0	16,3	20,9	16,9	22,8	22,1	18,8	2,1
Длительный прямой посев	20,4	24,6	22,6	23,9	20,9	24,7	25,9	23,3	6,6

Таблица 4

Показатели урожайности сельскохозяйственных культур (т/га)
и экономическая эффективность их возделывания
при разных технологиях на 1 га севооборотной площади (2000–2010 гг.)

Культура, показатель	Применяемые технологии		
	Традиционная	Минимальная обработка	Прямой посев
Озимая пшеница	2,18	2,27	2,08
Просо	1,98	2,00	1,98
Яровая пшеница	1,33	1,35	1,38
Кукуруза (с 2006 г. – горох + овес)	2,55	2,35	2,55
Яровая пшеница	1,35	1,31	1,33
Ячмень (2003–2007 гг. – яровая пшеница)	1,82	1,79	1,86
Урожайность зерновых	1,44	1,45	1,43
Продуктивность севооборота, т к.е/га	1,77	1,76	1,73
Стоимость продукции, руб.	4214,3	4244,9	4195,2
Производственные затраты, руб.	3475,0	3112,3	2975,1
Условный чистый доход, руб.	739,3	1132,6	1220,1
Уровень рентабельности, %	21,3	36,4	41,0

Таблица 5

Показатели урожайности сельскохозяйственных культур (т/га)
и экономическая эффективность их возделывания
в плодосменном и зернопаровом севооборотах (2016–2020 гг.) [28]

Культура севооборота	Технологии		
	Отвальная	Минимальная	Нулевая
Плодосменный			
Горох	1,75	1,73	1,43
Пшеница	1,77	1,50	1,40
Кукуруза на зерно	2,67	2,20	2,03
Пшеница	1,46	1,34	1,15
Затраты, руб./га	16300	15349	16407
Прибыль, руб./га	9360	9448	5521
Рентабельность, %	57,4	61,6	33,7
Зернопаровой			
Пшеница по пару	2,26	2,05	1,78
Вторая пшеница после пара	1,47	1,30	1,40
Третья пшеница после пара	1,37	0,98	1,18
Затраты, руб./га	13149	12197	12458
Прибыль, руб./га	5311	5093	5222
Рентабельность, %	40,4	41,8	41,9

Как отмечают данные исследователи, наибольшее применение прямой посев получил в более теплых центральной и южной зонах Курганской области, на черноземах среднесуглинистого гранулометрического

состава, с суммой осадков 381–389 мм (за вегетационный период – 178–194 мм) [27, 28].

Помимо урожайности и экономической эффективности (табл. 5) курганскими учеными изучались такие показатели, как вли-

яние технологий на влагозапасы, азотный режим и агрофизические показатели почв, а также засоренность посевов.

Как видно из табл. 5, в плодосменном севообороте урожайность сельскохозяйственных культур, выращенных с применением прямого посева, ниже, чем при отвальной и минимальной обработках. Опыты в плодосменном севообороте были заложены в 2016 г. и, по-видимому, еще не наступил период положительного действия технологии No-till. Вместе с тем курганские ученые отмечают преимущества этой технологии, которые заключаются в лучшем сохранении и использовании влаги в почве.

Заключение

Основные аграрные научные центры апробации и внедрения технологии No-till сформировались в районах производства сельскохозяйственной продукции: на Северном Кавказе и в Крыму, в Центрально-Черноземном районе, Среднем Поволжье, Зауралье и Сибири.

Результаты исследований ученых различных научных центров говорят о сопоставимости урожайности, полученной при применении технологии No-till и технологиях, основанных на отвальной и минимальной обработке полей. При этом No-till обладает рядом преимуществ, которые выражены в улучшении физических и водно-физических свойств почв, влагосбережении, повышении плодородия черноземов, защите почв от проявлений водной эрозии и особенно дефляции. Важным достоинством технологии No-till является экономическая эффективность, которая наряду с урожайностью может служить в качестве одного из основных оценочных критериев при проведении сравнения с отвальной вспашкой и минимальной обработкой. Учеными также установлено, что положительные результаты применения No-till проявляются только через пять лет освоения новой технологии.

Для более успешной апробации и внедрения технологии No-till, на наш взгляд, необходима более широкая государственная поддержка сформировавшихся научных центров, в которых уже получены значимые результаты по применению природоподобных ресурсосберегающих технологий. Важную роль при этом играет обеспечение тесной связи науки с производственными сельскохозяйственными предприятиями, работающими по No-till, а также разработка и более широкое внедрение специализиро-

ванной отечественной техники, обеспечение всех технологических операций No-till.

Список литературы

1. Беляков А.М., Назарова М.В. Агрорландшафты и технологии засушливого земледелия // Научно-агрономический журнал. 2018. № 1 (102). С. 35–39.
2. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Копылов А.Н., Суркова Ю.В., Ефремова В.П. Эффективность посева без основной обработки почвы в плодосменном и зернопаровом севооборотах центрального лесостепного Зауралья // Земледелие. 2021. № 6. С. 3–8. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-6-3-8.
3. Савченко Е.С., Кирюшин В.И., Лукин С.В. Опыт биологизации агротехнологий при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Белгородской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 65, № 6 (390). С. 658–661. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_6_658.
4. Беляев В.И. Рациональные параметры технологии «No-till» и прямого посева при возделывании сельскохозяйственных культур в Алтайском крае // Вестник алтайской науки. 2015. № 1 (23). С. 7–12.
5. Дригидер В.К., Кулинцев В.В., Измалков С.А., Дригидер В.В. Эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 52–56. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10110.
6. Дригидер В.К., Иванов А.Л., Белобров В.П., Кутювая О.В. Восстановление свойств почв в технологии прямого посева // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1111–1120. DOI: 10.31857/S0032180X20090038.
7. Чернозем типичный. Прямой посев, Курская область. Опыт, ротация 1.1: коллективная монография / В.П. Белобров, С.А. Юдин, А.Я. Айдиев и др. М.: ГЕОС, 2021. 126 с.
8. Гаджиумаров Р.Г., Джандаров А.Н., Дригидер В.К. Водонепроницаемость и накопление влаги в почве при ее возделывании по технологии No-till // Аграрная наука. 2022. № 5. С. 93–97. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-359-5-93-97.
9. Дригидер В.К., Белобров В.П., Стукалов Р.С., Юдин С.А., Кутювая О.В., Гаджиумаров Р.Г. Результаты исследований технологии прямого посева в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № S5 (12). С. 51–59. DOI: 10.25930/0372-3054/008.5.12.2019.
10. Белобров В.П., Юдин С.А., Ярославцева Н.В., Юдина А.В., Дригидер В.К., Стукалов Р.С., Ключев Н.Н., Замотаев И.В., Ермолаев Н.Р., Иванов А.Л., Холодов В.А. Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве // Почвоведение. 2020. № 7. С. 880–890. DOI: 10.31857/S0032180X20070023.
11. Женченко К.Г., Турин Е.Н., Гонгало А.А. Результаты изучения системы земледелия прямого посева (No-till) при выращивании озимой пшеницы в Центральной степи Крыма // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5 (71). С. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-45-52.
12. Турин Е.Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева в мире (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2 (22). С. 150–168. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168.
13. Рекомендации для специалистов сельскохозяйственных организаций всех форм собственности по применению технологии No-till в условиях Республики Крым / Под ред. Н.Г. Осеннего. Симферополь, 2019. 41 с.
14. Томашова О.Л., Ильин А.В., Захарчук П.С., Сильченко К.Р., Томашова А.С. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от сочетания почвопокровных культур в полевом севообороте и No-till в предгорно-степном Крыму // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 28 (191). С. 32–41.
15. Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Мокриков Г.В., Шуркин А.Ю. Плодородие почвы: настоящее и будущее нашего земледелия // Земледелие. 2018. № 5. С. 4–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10501.

16. Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Шуркин А.Ю. Влияние различных технологий возделывания подсолнечника на водный режим почвы и его продуктивность // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 4–1 (38). С. 101–111.
17. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А. Проблемы и перспективы разработки и освоения технологии No-till на черноземах лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 16–19.
18. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Система No-till на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири // Плодородие. 2021. № 3 (120). С. 81–83. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.15.
19. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И. Эффективность No-till технологии на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № S5 (14). С. 4–13. DOI: 10.25930/2687-1254/001.5.14.2021.
20. Коротких Н.А., Власенко Н.Г., Кастючик С.П. Влагодобеспеченность яровой пшеницы при технологии No-till в лесостепи Приобья // Земледелие. 2013. № 3. С. 21–23.
21. Беляев В.И. Сравнительная оценка показателей качества работы посевных машин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 10 (168). С. 124–130.
22. Беляев В.И., Вольнов В.В., Соколова Л.В. Прямой посев зерновых культур в Алтайском крае: совершенствование агротехнологий, системы машин и обоснование рациональных параметров. Барнаул, 2020. 168 с.
23. Корчагин В.А., Горянин О.И. Прямой посев зерновых культур в степных районах Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5–3. С. 1075–1080.
24. Горянин О.И., Шевченко С.Н. Эффективность технологий прямого посева зерновых культур в Среднем Поволжье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 36–39.
25. Горянин О.И., Щербинина Е.В. Прямой посев твердой пшеницы в Среднем Поволжье // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 45–49.
26. Горянин О.И., Щербинина Е.В. Совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в Поволжье // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 11–14. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp11-14.
27. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Копылов А.Н., Ефремов В.П., Ионина Н.В. Технология без обработки почвы в исследованиях Курганского НИИСХ // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № S5 (12). С. 40–46. DOI: 10.25930/0372-3054/006.5.12.2019.
28. Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Копылов А.Н., Суркова Ю.В., Ефремов В.П. Эффективность посева без основной обработки почвы в плодосменном и зернопаровом севооборотах центрального лесостепного Зауралья // Земледелие. 2021. № 6. С. 3–8. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-6-3-8.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПУЛ В СИСТЕМЕ ДОСТУПНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ

¹Полоус В.С., ²Брусков В.Д., ^{3,4}Степанов С.П., ^{3,5}Проконова Л.О., ⁶Осауленко С.Н.

¹Фермерское хозяйство Новицкой Е.В., Огни, Алтайский край, e-mail: s.polous@list.ru;

²Производственный кооператив «Блок», Горячий Ключ;

³ООО «Агрохимическая лаборатория», Новая Адыгея;

⁴ФГБОУ ВО «Краснодарский государственный университет», Краснодар;

⁵ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар;

⁶ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь

Цель исследования – определение разнообразия и качества современных доступных органических удобрений в отдельных регионах РФ. Биологические и минеральные компоненты навоза различных животных, куриного помета, биогумуса (червигумуса) являются основными продуктами стабилизации почвенного плодородия (так как их биологическая активность является результатом ферментации в организме животных, птицы или земляных червей) и только затем источниками минеральных элементов. Исследованиями 2021–2022 гг. установлено, что количество и видовой состав бактерий и грибов возрастает от навоза крупного рогатого скота ($1 \cdot 10^4$ и $1 \cdot 10^9$); к гранулированному куриному помету ($2 \cdot 10^3$ и $2 \cdot 10^5 + 3 \cdot 10^3$); гранулированному навозу лошадей ($5 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^5$ и $1,4 \cdot 10^4 + 5,5 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^5$); достигает максимума в биогумусе ($3 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^3$ и $1 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^5 + 1,8 \cdot 10^6 + 10 \cdot 1 \cdot 10^7$) соответственно, титр КОЕ в см³. Содержание минеральных веществ в навозе данных животных и курином помете также значительно уступает их наличию в биогумусе и вытяжке из него. В системе интенсивного химического земледелия снизилось количество и видовой состав биоты в почвах, а следовательно, в кормах, что спровоцировало широкое использование ветеринарных препаратов в отрасли; и проведение обеззараживания продуктов их жизнедеятельности. В современном земледелии также возросла роль производства и внесения дополнительных источников органического вещества: торфа, сидератов и соломы зерновых и других культур, которые активнее минерализуются в присутствии почвенных микроорганизмов и сбалансированном соотношении C:N. Сельхозпроизводители еще недооценивают преимущества заделки органики способом энергосберегающих обработок почвы в сравнении с традиционной запашкой плугом. Развивается рынок гранулированных органических удобрений для использования в традиционных и ресурсосберегающих технологиях.

Ключевые слова: навоз, помет, биогумус, бактерии, грибы, макроэлементы, торф, сидераты, солома, энергосберегающие обработки

BIOLOGICAL POOL IN THE SYSTEM OF AVAILABLE ORGANIC FERTILIZERS AND ENERGY-SAVING SOIL TREATMENTS

¹Polous V.S., ²Brusov V.D., ^{3,4}Stepanov S.P., ^{3,5}Prokopova L.O., ⁶Osaulenko S.N.

¹E.V. Novitskaya's farm, Ogni village, Altai Krai, e-mail: s.polous@list.ru;

²Production cooperative Blok, Goryachi Klyuch;

³Agrochemical Laboratory, Novaya Adygeya;

⁴Krasnodar State University, Krasnodar;

⁵Kuban State Agrarian University, Krasnodar;

⁶Stavropol State Agrarian University, Stavropol

The purpose of the research is to determine the diversity and quality of modern available organic fertilizers in certain regions of the Russian Federation. Biological and mineral components of manure of various animals, chicken manure, vermicompost (chervigumus) are the main products of soil fertility stabilization. Since their biological activity is the result of fermentation in the body of animals, birds or earthworms; and only then sources of mineral elements. Studies of 2021–2022 found that the number and species composition of bacteria and fungi increases from cattle manure – $1 \cdot 10^4$ and $1 \cdot 10^9$; to granulated chicken droppings – $2 \cdot 10^3$ and $2 \cdot 10^5 + 3 \cdot 10^3$; granulated horse manure – $5 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^5$ and $1,4 \cdot 10^4 + 5,5 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^5$; reaches a maximum in vermicompost $3 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^3$ and $1 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^5 + 1,8 \cdot 10^6 + 10 \cdot 1 \cdot 10^7$ Respectively, the CFU titer is in cm³. The content of minerals in the manure of these animals and chicken manure is also significantly inferior to their presence in vermicompost and extract from it. In the system of intensive chemical agriculture, the amount and species composition of biota in soils and, consequently, in feed decreased, which provoked the widespread use of veterinary drugs in the industry; and the disinfection of their waste products. In modern agriculture, the role of production and introduction of additional sources of organic matter has also increased: peat, siderates and straw of cereals and other crops; which are more actively mineralized in the presence of soil microorganisms and a balanced C:N ratio. Agricultural producers still underestimate the advantages of embedding organic matter in the way of energy-saving soil treatments in comparison with traditional plowing with a plow. The market of granular organic fertilizers for use in traditional and resource-saving technologies is developing.

Keywords: manure, manure, vermicompost, bacteria, fungi, macroelements, peat, siderates, straw, energy-saving treatments

Жизненно необходимое производство разнообразной сельскохозяйственной продукции на миллионах гектаров исторически взаимосвязано с биологическим ресурсом почвы – почвенным плодородием, созданным деятельностью микроорганизмов, червей и других полезных обитателей пашни; а также растений с их способностью к фотосинтезу.

Как показывает многолетняя практика земледелия, высокая биологическая активность почвы, т.е. ее плодородие (заметим, первоначально это бесплатный природный ресурс на целинных и залежных землях), постоянно снижается при проведении интенсивных обработок почв; использовании азотных и других химических удобрений, а впоследствии и широкого ассортимента пестицидов; возделывания меньшего разнообразия растений.

Для сдерживания процессов разрушения основного средства производства – почвенного плодородия в земледелии и растениеводстве в XX в. научными учреждениями разрабатывались и предлагались к использованию правила или системы: способов и приемов обработки почвы; удобрения почвы и растений; их защиты от вредных объектов (сорняков, вредителей и болезней); оптимальных севооборотов.

Современные системы использования средств плодородия предполагают, что зерновые, технические и кормовые культуры эффективнее возделывать с применением различных минеральных удобрений. В Российской Федерации производство азотных, фосфорных, калийных и сложных удобрений постоянно совершенствуется и увеличивается. Это позволило в 2021 г. только по Краснодарскому краю применить туки под полевые культуры в количестве 351,4 тыс. т на площади 1949,7 тыс. га [1]. Однако, несмотря на устойчивый рынок минеральных удобрений и их постоянное применение, не удается остановить снижения физических [2], биологических показателей почвы и ее плодородия [3–5], а следовательно, сохранить устойчивость и доходность сельскохозяйственного производства [6]. Кроме указанных недостатков химические удобрения имеют высокую стоимость и не окупаются при дефиците осадков. Только при оптимальной увлажненности почвы минеральные удобрения способны повысить урожайность полевых культур и количество пожнивных и корневых остатков. Но они не оказывают положительного действия на почвенную биоту, лишь способствуют ее снижению.

В значительно меньшей степени системы применения средств плодородия аргументируют целесообразность регулярного использования таких дешевых органических удобрений, какими являются побочные продукты животноводства. Длительная практика применения данных удобрений в первую очередь связана с тем, что они являются активными биологическими веществами, прошедшими ферментацию в организме животных, и только затем источника различных минеральных элементов.

Биологическая ценность навоза или помета для почвы и культивируемых растений связана с наличием в них значительного разнообразия преимущественно полезной биоты. Формирование многокомпонентной живой структуры в указанных удобрениях зависит от почвенных микроорганизмов полей, сельскохозяйственных растений и видов животных, утверждал академик Т.Д. Лысенко еще в 1960-е гг. На взаимосвязь явлений в данной биологической цепочке указывают и современные исследования [7–9].

Кроме сельскохозяйственных животных и птицы, имеющих физиологическую способность превращать часть потребленных кормов и воды в навоз или помет, существуют и беспозвоночные животные – земляные (дождевые) черви, которые в течение сотен лет наилучшим образом обрабатывают почву и участвуют в процессах формирования ее плодородия [10]. Обитая в почве, они создают ценное органическое удобрение, 1 м³ которого по биологической активности равен 70 м³ почвы или 4–8 т навоза сельскохозяйственных животных [11]. Дождевые черви сокращают период гумификации растительных остатков более чем в 50 раз [12] и в течение 4–6 месяцев своей жизнедеятельности создают уникальный продукт для оздоровления почвы, в котором содержится 25–35% гумуса и другие вещества в доступной для почвенной биоты и полевых культур форме. При его внесении растения в период вегетации повышают устойчивость к болезням и вредителям [13]. Еще Дарвин указывал на особенность их желудка и пищеварительной системы, способной разлагать и в значительной мере превращать в перегной (гумус) растительные и другие вещества [14], что не могут делать никакие сельскохозяйственные животные и птица; и даже отдельные почвенные микроорганизмы [13]. В результате жизнедеятельности червей в почве создаются биологически активные вещества,

в том числе некоторое количество копролитов, которые содержат уже в доступной форме значительное количество азота, фосфора, калия и другие необходимые растениям элементы питания. Копролиты имеют мелкокомковатую водопропрочную структуру, диаметром от 0,5 мм и являются ценной составной частью почвенных агрегатов. В почве черви передвигают и формируют множество ходов, протяженностью тысячи километров на гектар [12], которые повышают проникновение воздуха, осадков, растворов и корневой системы растений. Эти показатели в значительной степени благоприятны при использовании системы ресурсосберегающего земледелия и технологии no-till [15]. В России дождевых червей породы Старатель размножают в различных регионах страны отдельные предприятия и землепользователи.

Цель исследования – определение разнообразия и качества современных доступных органических удобрений в отдельных регионах РФ. Оценка биологических и минеральных компонентов навоза различных животных, куриного помете, биогумуса; а также других источников органического вещества: торфа, сидератов и соломы зерновых культур, как основных элементов, участвующих в стабилизации почвенного плодородия в современном земледелии.

Материалы и методы исследования

Проведен обзор научной литературы и выполнены лабораторные исследования в аккредитованных организациях по био-

логической и питательной ценности современных доступным органических удобрений по существующим ГОСТам; проанализированы приемы их заделки в почву; собрана информация рынка органических удобрений и отдельные результаты их применения землепользователями.

Результаты исследования и их обсуждение

В современных условиях почвенный биологический пул, как основа плодородия и рентабельного производства, возрастает с переходом на энергосберегающие приемы основной обработки почвы [16] восстановлением количества и разнообразия биоты [17]; возделывании более широкого спектра полевых культур в основных [18] и повторных посевах [19].

Землепользователи всех форм собственности в текущий период могут поддерживать биологическую активность пашни разнообразными и доступными органическими удобрениями, целенаправленно занимаясь их производством в хозяйстве. Формирование высокого качества любых органических удобрений невозможно без периодического определения видового состава и количества биоты. В настоящее время такие исследования выполняются в научных и специализированных лабораториях.

Авторы исследовали готовые к применению партии навоза крупного рогатого скота (КРС), лошадей, птицы; биогумуса на содержание бактериальной и грибной микрофлоры (табл. 1).

Таблица 1

Содержание биоты в навозе КРС, гранулированном курином помете, биогумусе и вытяжке из биогумуса

Показатели	Титр, КОЕ бактбактериальной микрофлоры, см ³	Титр, КОЕ грибной микрофлоры см ³
Навоз КРС подстилочный 12, 12 месяцев хранения, Краснодарский край, анализ 2021 г.	1·10 ⁹	1·10 ⁴
Гранулированный куриный помет из Республики Марий Эл, анализ 2021 г.	1·10 ⁷	1·10 ¹⁰
Гранулированный куриный помет из Кемеровской области, анализ 2022 г.	2·10 ⁵ и 3·10 ³	2·10 ³
Гранулированный конский навоз, Краснодарский край, анализ 2021 г.	1,4·10 ⁴ и 5,5·10 ³ и 1·10 ⁵	5·10 ³ и 1·10 ⁵
Биогумус Краснодарский край, анализ 2021 г.	1·10 ³ и 1·10 ⁵ и 1,8·10 ⁶ и 10·10 ⁷	3·10 ⁵ и 2·10 ³
Вытяжка из биогумуса, 2021 г.	4·10 ⁵	1·10 ³

Примечание: данные получены в лаборатории по существующим методикам, на имеющемся оборудовании и квалификации специалистов.

Для многих земледельцев органические удобрения в основном ассоциируются с навозом КРС и свиней; в меньшей степени других животных – лошадей и овец. Наибольшим многообразием и количеством микрофлоры выделялся биогурус, в котором имелось до 13 видов бактерий и 5 видов грибов. В конском навозе отмечено значительное содержание биоты, в том числе 7 видов бактерий, 6 видов грибов при хорошей их численности. В образце куриного помета 2021 г. видовой состав и численность микроорганизмов была значительно ниже, чем в конском навозе. Навоз КРС содержал большое количество бактерий и грибов, но не имел их разнообразия, в связи с чем существенно уступал по этому показателю вытяжке из биогуруса.

Следовательно, биологическая активность этих органических удобрений зависит от разнообразия и численности биоты, которая формируется различными сельскохозяйственными животными и птицей; но наибольшую биогенность такого продукта обеспечивают почвенные черви. Старатель в биогурусе и вытяжке из биогуруса.

На Кубани в 2021 г. хозяйства, где сохранилось животноводство как отрасль, успешно применили 3691,7 тыс. т органических удобрений [1].

В условиях интенсивного химического земледелия на значительных площадях уменьшилось содержание и видовой состав почвенной микробиоты; что явилось основанием для замещения значительной доли супрессивной микрофлоры на патогенную, которая попадает в организм животных и птицы с различными кормами, полученными при возделывании полевых культур

и их переработке (концентратами, силосом, сеном и др.). Естественно, низкое качество выращенных кормов и воды; ветеринарные препараты (от туберкулеза, сибирской язвы, чумы, ящура; гельминтов и других болезней и паразитов) [20] заметно влияют на биологическую ценность мяса и продуктов его переработки, а также навоза КРС, свиней и помета птицы. При содержании животных на природных лугах и пастбищах эти проблемы мало актуальны [21].

В современных условиях производства животноводческой продукции возникла острая необходимость проведения ферментации навоза и помета животных и птицы, как биологически сложных отходов. Например, по содержанию биогенных веществ свиноводческий комплекс на 54 тыс. голов эквивалентен городу со 100-тысячным населением [22].

Обеззараживание (ферментация) этих ценных для земледелия отходов традиционно происходит при длительном, 2 и более лет, хранении в буртах (что также снижает всхожесть семян сорняков). Однако уже существуют технологии температурных [23] и микробиологических обработок [24, 25], позволяющих выполнять эту важную работу за более короткий период.

В свежем навозе и помете, который является результатом многочасовой биоферментации различных кормов, воды микробиомом желудка животных, остается 20–50% азота, 50–70% фосфора и калия, от содержания их в сене, силосе, зерновых концентратах и других продуктах [26, 27]. В бесподстилочном навозе и помете преимущественно находятся частицы кормов от 0,1 до 5,0 мм [22].

Таблица 2

Минеральный состав твердой фракции свежих экскрементов различных животных и птицы, кг/т

Показатели	Навоз				Куриный помет
	КРС	свиней	лошадей	овец	
Влажность, %	83,8	82,0	75,7	64,3	62,5
Сухое вещество	162	180	243	345	200
Общий азот	2,9	6,0	4,4	5,5	16
Фосфор	1,7	4,1	3,5	3,1	15
Калий	1,0	1,5	3,5	4,6	8,0
Кальций	3,5	0,9	1,5	3,3	24,0
Отношение C:N	5:1	250:1	10:1	10:1	8:1

Примечание: по данным [28, 11, 22].

Содержание основных минеральных питательных веществ в навозе животных и помете птицы не является постоянным и зависит от рациона питания, технологии содержания и срока определения [11]. Наличие некоторых минеральных элементов в свежем навозе и курином помете представлено в табл. 2. Для удобства проведения сравнительного анализа питательной ценности экскрементов животных и птицы данные представлены в килограммах на тонну продукта.

Наиболее высокое количество сухого вещества, 243–345 кг/т, имел навоз лошадей и овец. По наличию макроэлементов куриный помет многократно превосходит навоз других животных. Наиболее высокое содержание углерода отмечено в свином навозе (250:1), что требует дополнительного использования азотных удобрений для оптимизации соотношения данных элементов.

Имеются данные [26] о наличии в навозе жвачных животных различных микроэлементов: бора – 101,0 г; марганца – 1005,4 г; кобальта – 5,2 г; меди – 78,0 г; молибдена – 10,3 г. Указанное количество полезных веществ содержится в 20 т навоза. В курином помете были найдены аминокислоты [28]: лизин – 0,218; гистидин – 0,034; аспарагиновая кислота – 0,476; серин – 0,190; глутаминовая кислота – 0,692; глицин – 0,229; аланин – 0,298; валин – 0,090; изолейцин – 0,070; лейцин – 0,214; тирозин – 0,092; финиаланин – 0,085; триптофан – 0,838 (в % сухого вещества).

Важным компонентом испражнений животных являются их жидкие выделения, которые имеют значительное различие по содержанию сухого вещества. Например, в моче свиней их определено 33 кг/т, что в 2 раза меньше, чем у КРС, и в 10 раз

меньше, чем у овец. Однако жидкая фракция свиных выделений содержит в несколько раз больше общего азота, фосфора, калия (соответственно 19,5; 0,7; 8,3 кг/т), чем у крупного рогатого скота. Это является результатом кормления свиноголовья преимущественно зерновыми кормами [28].

Собственные авторские исследования позволили дополнить известную информацию по химическому составу некоторых органических удобрений. Ведь за прошедшие 20 лет значительно снизилось плодородие черноземов, а следовательно, и содержание макро- и микроэлементов в растениях и кормах (табл. 3).

По опубликованным данным [29] в процессе ферментации возможно провести обогащение подобных удобрений биотой макро-, микроэлементами и другими полезными веществами, тем самым существенно изменить их первоначальный состав. Кроме того, гранулирование куриного помета повышает равномерность его распределения по полю при внесении разбрасывателями, а также создает возможность припосевного внесения обычными и пневматическими сеялками. В количестве 100 и более кг/га. Ведь в 1 т такой органики содержатся биологически активные вещества, а также до 4,0 кг фосфора и 6,0 кг калия в доступном для растений состоянии, а также 20 кг общего азота и 950 кг органического вещества при РН солевой вытяжки 8,0. А самое важное – это микробиота, которая восстанавливает биологический пул почвы. Готовый к применению навоз КРС содержит в меньших количествах органическое вещество и макроэлементы, что требует его применения в значительно больших дозах (20–60 т/га и более) в зависимости от фактического плодородия почвы.

Таблица 3

Минеральный состав навоза КРС и гранулированного птичьего помета, кг/т

Показатели	Навоз КРС подстилочный, 12 месяцев хранения, анализ 2021г	Гранулированный куриный помет	
		из Республики Марий Эл, анализ 2021 г.	из Кемеровской области, анализ 2022 г.
Рн солевой вытяжки	5,48	7,57	8,08
Органическое вещество	836	953	937
Общий азот	2,1	20,4	13,1
Фосфор подвижный	1,0	4,0	3,8
Калий подвижный	2,3	6,0	5,4
Кальций обменный	7,7	9,7	8,42
Сера подвижная	0,4	0,4	0,5

Но будем объективными. Недостаточное количество поголовья различных животных и птицы в данный период не позволяет наладить массовое производство и применение навоза и помета в сельхозпредприятиях регионов. Однако реальным выходом из данной ситуации является приготовление искусственных органических удобрений с использованием дождевых червей.

Дождевых червей породы Старатель длительный период размножают некоторые биологи и земледельцы в отдельных регионах страны на различных субстратах и получают оригинальный биологический продукт (червигумус, или вермигумус, или биогумус), отличающийся от навоза и помета по содержанию биоты, минеральных и других элементов. Опубликованные данные (2000–2012 гг.), а также авторские исследования, выполненные в 2022 г., позволили конкретизировать информацию о составе биогумуса различных производителей и вытяжке из него (табл. 4).

Биогумус, как органическое удобрение, в значительном диапазоне изменяет состав активных элементов, в зависимости от используемого субстрата, возраста червей, их дополнительных подкормок органическими продуктами, не содержащими остатков удобрений и пестицидов и соблюдении других элементов биологической безопасности.

Производители биогумуса (1, 2, 4) использовали в качестве субстрата подстилочный навоз КРС и другие виды навоза, помета и пищевых отходов. Питание червей данными биоматериалами способствовало формированию в продукте общего азота – 7,3, фосфора – 4,7–8,0 и калия – 7,0 кг/т.

Большее количество доступных веществ для питания растений накапливалось в биогумусе при использовании навоза КРС и свиней в качестве субстрата (3-й производитель), где имелось до 300 кг гумуса; 22,0 кг общего азота, 29,0 кг калия и 5,0 кг кальция на 1 т удобрений.

Значительные отличия по содержанию органического вещества, кальция и соотношения углерода к азоту, а также биологической активности (табл. 1) имеет биогумус, где субстратом являлись древесные опилки (производитель 5-й и 6-й продукции – ПК «Блок», Краснодарский край). Вытяжка из биогумуса содержала в 1 т продукта 403 кг органического вещества; значительные количества фосфора, калия и кальция – соответственно 56,7; 428,0; 300,0 кг в доступной форме.

В сельскохозяйственном производстве в значительных объемах используются торф, солома зерновых культур, в отдельных хозяйствах выращивают бобовые сидераты. Это важные источники органических удобрений, обогащающие почву углеродом, макроэлементами и многими полезными веществами. Постоянное использование данного резерва особенно целесообразно для земледельцев, не имеющих отрасли животноводства. В земледелии формируется практика использования в качестве источников органического вещества соломы зерновых культур (и других пожнивных остатков): и в меньшей степени растительной массы сидеральных посевов и торфа. Наличие минеральных питательных элементов в торфе, зеленых удобрениях из бобовых культур и соломе зерновых представлено в табл. 5.

Таблица 4

Минеральный состав биогумуса при использовании разнообразных субстратов, кг/т

Показатели	Производители биогумуса					
	1	2	3	4	5	6
Влажность, %	25	28	35	40	45	98
Органическое вещество	не указано	203	не указано	не указано	956	403
Гумус	не указано	не указано	до 300	не указано	до 350	не указано
Общий азот	10	7,3	22,0	19,04	10,5	22,1
Фосфор	8	6,0	29,0	4,7	13,5	56,7
Калий	18	12,7	22,5	7,0	12,3	428
Кальций	не указано	не указано	57,0	44,0	136	300
Магний	не указано	не указано	не указано	4,6	1,5	1,2
Отношение C:N	25:1	12:1	не указано	не указано	39:1	10:1

Примечание: по данным [28, 12].

Таблица 5

Минеральный состав органических удобрений из торфа, сидератов и соломы, кг/т

Показатели	Торф низинный	Зеленое удобрение из бобовых	Солома зерновых
Влажность, %	60	80	16
Органическое вещество,	350	140	800
Общий азот	10,0	5,0	4,0
Фосфор	1,2	1,1	1,5
Калий	0,7	3,0	10,0
Кальций	15,0	3,0	2,0
Отношение C:N	60:1	20:1	80:1

Примечание: по данным [30–32].

Торф за несколько месяцев до внесения в почву измельчается и хранится в кучах для разложения кислотных соединений. Значительное содержание органического вещества, общего азота и кальция делает торф полезным органическим удобрением для почвы, особенно в местах его добычи [30].

В зеленых удобрениях (сидератах) влажность растений достигает 80 %, содержание органических и минеральных соединений в 1 т заметно ниже, чем у торфа. Однако при урожае массы в 40 т/га в почву поступает до 200 кг/га общего азота, 40 кг/га фосфора и 45 кг/га калия, а также значительное количество кальция; указанные элементы будут доступны растениям после минерализации [31].

В соломе зерновых культур высокое содержание органического вещества, 800 кг/т, которое включает целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин, декстрин, сырой протеин, а также макро- и микроудобрения [32]. Такие пожнивные остатки разлагаются на более простые соединения в почве при наличии в ней различных групп почвенных микроорганизмов. Солома является самым доступным и технологичным органическим удобрением. Например, при урожайности озимой пшеницы 6 т/га только от поверхностных пожнивных остатков (без корней) после их минерализации в течение 4–6 и до 12–15 месяцев на 1 га поступит до 2160 кг углерода, 35 кг азота, 8,5 кг фосфора и 112 кг калия в биологически доступной для питания растений форме.

Пожнивные остатки лучше разлагаются в поверхностном слое почвы 0–12 см, поэтому их заплата на глубину 20–30 см нежелательна, так как с увеличением глубины основной обработки в анаэробных условиях

усиливается минерализация азота и других элементов; происходит сокращение численности и видового состава почвенной биоты.

Любые органические удобрения (навоз, помет, биогумус, торф, сидераты и пожнивные остатки с корневой системой растений) увеличивают водопроницаемость, агрофизические и биологические свойства почвы, а в совокупности урожайность и качество полевых культур. Приводим несколько примеров.

В Ростовской области на черноземах урожайность подсолнечника в среднем за 2015–2017 гг. с применением $N_{75} P_{75} K_{75}$ составила 2,33 т/га, а при внесении под осеннюю вспашку 10 т/га куриного помета – 2,48 т/га [33].

В Китае выращивание полевых культур с пониженными нормами минеральных удобрений и использованием соломы способствовало улучшению питательного режима почвы и урожайности возделываемых культур [34].

Выращивание картофеля в Республике Беларусь в 2021–2022 гг. с использованием гранулированного куриного помета в количестве 1 и 4 т/га формировало урожайность культуры от 58,1 до 82,1 т/га с содержанием крахмала более 10 %, в зависимости от количества выпавших осадков [35].

Исследованиями [36] установлено, что вермикомпост, сформированный на субстрате свиного навоза, как нетрадиционное органическое удобрение, увеличивал содержание нутриентов в болгарском перце (*Cap-sicum annuum* L.).

Таким образом, сельхозпроизводители, у которых отсутствует животноводство, имеют возможности регулярного использования других органических удобрений. По расчетам авторов, в хозяйствах, где со-

хранилось животноводство, выполнение комплекса работ по компостированию, хранению, перевалке, внесению и заделке навоза обходится от 400 руб/т, что при внесении 50 т/га формирует затраты в 20 тыс. руб/га и более. Но они окупаются за несколько лет повышением биологической активности почвы и дополнительными урожаями полевых культур.

В настоящее время формируется рынок органических удобрений, где за ферментированный гранулированный птичий помет предлагают до 23 тыс. руб/т; биогумус на субстрате из опилок – до 120 тыс. руб/т, вытяжку из биогумуса – до 180 тыс. руб/т; гранулированный навоз лошадей и КРС – от 70–90 тыс. руб/т.

Выводы

1. Навоз различных животных и помет птицы быстрее поступает в обращение, если ферментируется температурной обработкой или биологическими методами с участием супрессивных микроорганизмов.

2. В результате жизнедеятельности дождевых червей Старатель через 4–6 месяцев формируется биогумус, многократно превосходящий по разнообразию и содержанию ценной микробиоты все виды навоза и помета.

3. Торф (в местах добычи), зеленые удобрения из бобовых растений и солома зерновых культур являются доступными и дешевыми органическими удобрениями, которые целесообразно ежегодно использовать.

4. При энергосберегающих обработках органические удобрения, растительные остатки сидератов и соломы интенсивнее подвергаются минерализации в поверхностном, 0–12 см, слое почвы, обладающем максимальной биологической активностью.

Список литературы

1. Росстат по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. Пресс-выпуск от 09 марта 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://krsstat.gks.ru/> (дата обращения: 26.08.2023).
2. Фаизова В.И. Изменение свойств и микробиологических показателей черноземов Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании: дис. ... докт. сельхоз. наук. Ставрополь, 2016. С. 211–235.
3. Соколов М.С., Дородный Ю.Л., Марченко А.И. Здоровая почва как необходимое условие жизни человека // Почвоведение. 2010. № 7. С. 858–866.
4. Козлов Е.М. Экологические проблемы в сельском хозяйстве и некоторые соображения о путях их преодоления // Материалы 5-й международной научно-практической конференции. Центр научного знания «ЛОТОС». Ставрополь, 2014. С. 4–15.
5. Савич В.И., Наумова Л.М., Муради Л.М., Трубицина Е.В. Скрытое отрицательное действие удобрений и мелиорантов // Земледелие. 1988. № 10. С. 24–26.

6. Полоус В.С., Степанов С.П., Прокопова Л.О., Осауленко С.Н. Возможности стабилизации биологической активности почвы при использовании органических, минеральных удобрений, микроорганизмов и ресурсосберегающих обработок // Успехи современного естествознания. 2023. № 1. С. 13–19.

7. Джейм М. Джей, Мартин Дж. Лесснер, Дэвид А. Гольден. Современная пищевая микробиология / Пер. с англ. М.: БИОМ. Лаборатория знаний, 2017. 887 с.

8. Кудеяров В.Н., Соколов М.С., Глинушкин А.П. Современное состояние почв агроценозов России. Меры по их оздоровлению и рациональному использованию // Агрохимия. 2017. № 6. С. 3–11.

9. Селезнева Н.А., Тишкова А.Г., Федорова Т.Н., Савченко Н.Е., Асеева Т.А. Изменение химических и микробиологических свойств почвы при антропогенном воздействии в полевом севообороте // Достижение науки и техники в АПК. 2020. Т. 34. № 6. С. 5–10.

10. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во Московского университета, 1989. 336 с.

11. Шейджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений. Майкоп: Изд-во ГУРИПП, 2005. 400 с.

12. Горбунов В.В. Дождевые черви для повышения урожая. М.: Стрель, 2012. 188 с.

13. Игонин А.М. Как повысить плодородие почвы в десять раз с помощью дождевых червей. М.: Маркетинг, 2000. 87 с.

14. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 343 с.

15. Кутюва О.В., Никитин Д.А., Гераськина А.П. Технология no-till как фактор активности почвенных беспозвоночных в агрочерноземах Ставропольского края // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 1. С. 199–210.

16. Мокриков Г.В., Минникова Т.В., Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Изменения содержания и состава органического вещества черноземов Приазовья при использовании технологии прямого посева // Агрохимия. 2020. № 1. С. 18–24.

17. Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А., Сапрыкин С.В., Гармашева Л.В., Чевердин А.Ю. Взаимосвязь микробиологических параметров и физических свойств черноземных почв // Агрохимия. 2017. № 11. С. 3–12.

18. Мерзлая Г.Е. Биологические факторы в системах удобрения // Агрохимия. 2017. № 10. С. 24–36.

19. Марцинкявичене А., Богужас Б., Баилите С., Пулалене Р., Величка Р. Влияние севооборотов, промежуточных посевов и органических удобрений на ферментативную активность почвы и содержание гумуса в органическом земледелии // Почвоведение. 2013. № 2. С. 219–225.

20. Соколова Н.Р., Кондратьев А.В. Навоз и помет превратить бы в доход // ТБО-обращение с отходами. 2020. № 2. С. 14–19.

21. Бачин С. Органика. Мифы и реальность. М.: Хлеб-Соль, 2016. 127 с.

22. Андреев В.А., Новиков М.Н., Лукин С.М. Использование навоза свиней на удобрение. М.: Росагропромиздат, 1990. 94 с.

23. Цой С. Химический состав птичьего помета до и после процесса низкотемпературного обезвоживания в вакууме в процентах. Куриный помет. [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.net/6_80827_himicheskiy_sostav_ptichyego-pometa-do-i-posle-protsess-a-nizkotemperaturnogo-obezvozhivaniya-v-vakuume-v-protsentah.html/ (дата обращения: 21.02.2023).

24. Дмитриев В.И., Мартынова И.В., Кочкина Л.И. Способ микробиологической переработки птичьего помета. Патент. RU 2437864 С1. Патентообладатель ООО «Микробиотех». Бюл. ФИПС. 2011. № 36.

25. Сидоренко О.Д. Использование продуктов биоконверсии отходов животноводства в качестве органических удобрений (Концепсия) // *Агрохимия*. 2018. № 4. С. 36–38.
26. Навоз и его химический состав на подстилке. [Электронный ресурс]. URL: <https://hous-animals.ru/spravochnik/navoz-himicheskiy-sostav-navoza/> (дата обращения: 15.03.2023).
27. Мирошникова М.С., Арифанов А.Е. Микробиоценоз рубца – инструмент к построению искусственных биосистем. Биореактор на основе рубца // *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 4. № 3. С. 57–69.
28. Научные основы производства и использования органических удобрений в зоне юго-западного Предкавказья: коллективная монография. Краснодар: Просвещение, 2000. С. 50–51.
29. Седых В.А. Экологическая оценка использования куриного помета на почвах таежно-лесной зоны: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Москва, 2013. 46 с.
30. Органические удобрения. Виды, свойства и использование органических удобрений. [Электронный ресурс]. URL: https://itexn.com/4886_organicheskie-udobreniya-vidy-svoystva-ispolzovanie-organicheskikh-udobrenij.html (дата обращения: 04.03.2023).
31. Шрамко И.В., Вихорева Г.В. Роль бобовых трав в изменении гумусированности дерново-подзолистых почв Верхневолжья // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016. № 3 (19). С. 125–132.
32. Минеев В.Г., Сычев В.Е., Гамзиков Г.П. Агрохимия: учебник / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Издательство ВНИИА им Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
33. Турчин В.В., Сисин А.В., Баленко Е.Г. Действие компоста из куриного помета на урожайность и качество семян подсолнечника // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2017. № 4. С. 14–19.
34. Chen Zhu, Yue Jingjing, Hu Hongxiang, Yan Yainan, Di Yunfei Effects of straw incorporation and reduction of chemical fertilizer on soil nutrients and crop yield in farmland // *SCIREA Journal of Agriculturs*. 2016. Vol. 1, Is. 1. P. 124–134.
35. Царева М.В. Влияние доз и способов внесения термически высушенного куриного помета на урожайность и качество картофеля // *Агрохимический вестник*. 2022. № 6. С. 52–57.
36. Atiyeh R.M., Arancon N., Edwards C.A., Metzger J.D. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes // *Biores. Technol.* 2000. № 75. P. 175–180.

УДК 630*161:581.5
DOI

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СВЕТОВОГО ДНЯ НА ОСОБЕННОСТИ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА И РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ СФАГНОВЫХ МХОВ

Штанг А.К., Пономарева Т.И., Скрыбина А.О.

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск, e-mail: ponomtamura@gmail.com

Влияние удлиненного светового дня на продукционные процессы сфагновых мхов, в отличие от сосудистых растений, на данный момент не изучено, хотя знания об особенностях продукционных процессов в течение года крайне важны для формирования принципов промышленного выращивания сфагновых мхов в условиях высоких широт. В рамках исследования изучены особенности роста и количественные характеристики фотосинтетического пигментного комплекса у четырех видов сфагновых мхов, доминирующих в моховом покрове олиготрофных болот Архангельской области, в ходе вегетации в условиях искусственно созданного 7- и 24-часового фотопериода. Сфагновые мхи *Sphagnum lindbergii* и *S. majus* (мочажинные), *S. capillifolium* и *S. fuscum* (грядовые) выращивали под лампами полного спектра в течение двух месяцев в лабораторных условиях в двух вариантах опыта: при 7- и 24-часовом фотопериоде. Были изучены особенности накопления фотосинтетических пигментов и линейный прирост. В ходе эксперимента установили, что продолжительность светового дня не оказала влияния на концентрацию хлорофиллов, каротиноидов и их соотношений у *S. lindbergii*, *S. majus* и *S. fuscum*. У *S. capillifolium* в условиях 24-часового фотопериода концентрация хлорофилла а была в 2 раза выше, а соотношение хлорофиллов а/б – в 1,3 раза выше, чем при 7-часовом фотопериоде. У всех видов сфагнов средний линейный прирост за месяц в условиях 24-часового фотопериода превысил прирост при 7-часовом фотопериоде. При этом в пределах вариантов опыта отмечена разница в величине прироста по месяцам. Полученные результаты могут быть применены при разработке методов культивирования сфагновых мхов в условиях теплиц и плантаций.

Ключевые слова: фотопериод, хлорофилл, каротиноиды, линейный прирост, *Sphagnum*, болотное земледелие

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-24-10022).

INFLUENCE OF PHOTOPERIOD ON THE FEATURES OF THE PIGMENT COMPLEX AND GROWTH PROCESSES OF SPAGNUM MOSSES

Shtang A.K., Ponomareva T.I., Skryabina A.O.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch
of the Russian Academy of Science, Arkhangelsk, e-mail: ponomtamura@gmail.com

The influence of elongated photoperiod on the production processes of sphagnum mosses, unlike vascular plants, is not currently investigated. Although knowledge of the peculiarities of production processes during the year is essential for the formation of the principles of industrial cultivation of sphagnum mosses in high latitudes. The study investigated the growth and quantitative characteristics of the photosynthetic pigment complex in four species of Sphagnum mosses dominating the moss cover of oligotrophic bogs of the Arkhangelsk region, during vegetation under the conditions of artificially created 7-hour and a 24-hour photoperiod. *Sphagnum lindbergii* and *S. majus* (hollow species), *S. capillifolium* and *S. fuscum* (hummock species) mosses were grown under full spectrum lamps for two months in the laboratory conditions under two types of experience: 7- and 24-hour photoperiod. Photosynthetic pigment accumulation and linear growth were studied. The experiment found that the duration of photoperiod did not affect the concentration of chlorophylls, carotenoids and their ratios in *S. lindbergii*, *S. majus* and *S. fuscum*. In *S. capillifolium*, chlorophyll a was 2 times higher in the 24-hour photoperiod and chlorophyll a/b ratio was 1.3 times higher than in the 7-hour photoperiod. For all sphagnum species, the average linear increment per month in the 24-hour photoperiod exceeded the increment in the 7-hour photoperiod. The obtained results can be applied in the development of methods of cultivation of sphagnum mosses under conditions of greenhouses and plantations.

Keywords: photoperiod, chlorophyll, carotenoids, linear growth, *Sphagnum*, paludiculture

The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation (project no. 23-24-10022).

В последние десятилетия как в мире в целом, так и в России происходит спад торфодобычи и широко обсуждаются идеи восстановления болот. В противовес осушению болот для сельского хозяйства как более экологичная альтернатива предлагается развитие болотного земледелия [1]. Прежде

всего, интерес к нему связан с выращиванием болотных ягод и, в ряде случаев, лекарственных растений. Однако во многих сферах применяются и другие болотные растения. В частности, на мировом рынке наблюдается устойчивый спрос на субстраты для выращивания растений на осно-

ве сфагнома. Развитие новых бизнес-моделей с включением мохообразных рода *Sphagnum* в перечень сельскохозяйственной продукции может открыть новые возможности для развития сильно заболоченных регионов и регионов с большими площадями осушенных и выработанных торфяников, требующих рекультивации [2]. Выращивание биомассы на влажных естественных торфяниках сохраняет торфяную почву и сводит к минимуму негативное воздействие на окружающую среду; способствует получению больших объемов биомассы мхов для промышленных производств и сельского хозяйства и расширяет спектр экосистемных услуг, оказываемых этими участками [3]. Культивирование сфагнома повышает устойчивость экосистем к климатическим изменениям, снижает выбросы CO₂ в атмосферу, способствует долгосрочному промышленному использованию торфяников, сохранению древних природных и антропогенных объектов, современного биоразнообразия, регуляции водного режима прилегающих территорий, оказывает местный охлаждающий эффект на биогеоценозы [4].

Разработка эффективных способов применения сфагновых мхов в контексте болотного земледелия невозможна без понимания особенностей их продукционных процессов. Оценить протекание продукционных процессов в растениях позволяет ряд показателей, в частности линейный прирост и интенсивность фотосинтеза. Интенсивность фотосинтеза является одним из основных определяющих факторов производства биомассы, по крайней мере, у растений с С3-типом фотосинтеза, к которым относятся сфагновые мхи [5]. Скорость роста отдельных видов сфагнов варьирует в широких пределах, при этом рост в длину коррелирует с приростом биомассы [6].

Перспективные с точки зрения болотного земледелия обширные заболоченные территории наиболее распространены в высоких широтах. Один из важных аспектов жизни растений в таких условиях – короткий вегетационный период, который предоставляет растениям меньше времени на формирование и запасание органического вещества. Однако для субарктических территорий характерно сочетание короткого вегетационного периода с удлиненным световым днем, что, на первый взгляд, может дать растениям возможность создавать значительное количество живой биомассы

даже при непродолжительном периоде вегетации. Тем не менее, существующие исследования говорят о возможном стрессе, который мохообразные испытывают, произрастая в условиях длинного дня [7, с. 10]. Вместе с тем, для сосудистых растений на севере наиболее быстрый рост при благоприятных температурных условиях выявлен в период белых ночей [8]. Влияние белых ночей на продукционные процессы сфагновых мхов на данный момент не изучено, хотя знания об особенностях продукционных процессов в течение года крайне важны для формирования принципов промышленного выращивания сфагновых мхов в условиях высоких широт.

Цель исследования состоит в изучении особенностей ростовых процессов и количественных характеристик фотосинтетического пигментного комплекса у четырех видов сфагновых мхов, доминирующих в моховом покрове олиготрофных болот Архангельской области, в ходе вегетации в условиях искусственно созданного 7- и 24-часового фотопериода для установления специфики функционирования сфагновых мхов в условиях разной длины светового дня как элемента теоретической основы эффективного болотного земледелия в условиях заболоченных территорий высоких широт.

Материал и методы исследования

Иласский болотный массив – олиготрофное болото южноприбеломорского типа. Болото площадью более 90 км² расположено в Приморском районе Архангельской области, в бассейне реки Северная Двина (64°19'43" N, 40°36'45" E). Образцы сфагновых мхов для проведения эксперимента отбирали в границах регрессивного грядово-мочажинного комплекса Иласского болотного массива (ИБМ). В качестве объектов исследования были выбраны виды сфагнов, преобладающие в биогеоценозах такого типа. *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. – наиболее массовый вид на грядах верховых болот и основной эдификатор, преобладающий в составе торфа. *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. образует дерновинки, часто в смеси с другими видами, на олиготрофных болотах и в заболоченных лесах. *Sphagnum majus* (Russ.) C. Jens. – широко распространенный мочажинный и ковровый вид крупных олиготрофных массивов, встречающийся также в озерах. Побеги *Sphagnum lindbergii* Schimp. формируют ковры в мочажинах олиготрофных болот [9 с. 37–43].



Рис. 1. Выращивание сфагновых мхов *in vitro*

Эксперимент *in vitro* проводили путем выращивания сфагновых мхов в условиях искусственно созданного 7- и 24-часового фотопериода для определения длины линейного прироста и концентрации фотосинтетических пигментов (рис. 1).

Для изучения линейного прироста группы побегов отобрали в пластиковые контейнеры, заполненные водой из мочажины. Дернинки грядовых мхов (*S. fuscum* и *S. capillifolium*) высотой 10 см разместили в контейнерах объемом 1,35 л (по 2 контейнера для каждого вида) с отверстиями в дне так, чтобы они вплотную прилегли к стенкам контейнера. Для поддержания влажности мха один контейнер со *S. fuscum* и один – со *S. capillifolium* поместили в контейнер объемом 10 л, в котором поддерживали уровень болотной воды 1 см. Аналогично заполнили второй такой же 10-литровый контейнер. Среди побегов мха разместили пластиковые палочки, на которых отметили начальный уровень, на котором располагались верхушки головок мха. Побеги мочажинных мхов, в естественных условиях растущих совместно (*S. majus* и *S. lindbergii*), поместили в два пластиковых контейнера объемом 4,2 л, заполненных болотной водой так, чтобы побеги полностью находились в воде. Предварительно каждый побег был обрезан до длины 10 см.

Контейнеры, закрытые пищевой пленкой, во время эксперимента располагались под фитолампами, представляющими собой светодиодные лампы полного спектра (Uniel E27 220 В 15 Вт, 20 мкмоль/с, белый свет), вкрученные в светильники на прищепках (Светкомплект R63 E27 40Вт), расположенные на высоте 20 см над контейнерами. Освещенность у поверхности мха при таких условиях составляла около 10000 лк (летом,

в естественных условиях болотного массива, освещенность может достигать 100000 лк). Температуру воздуха в помещении поддерживали на уровне 22–26°C. В первом варианте опыта фотопериод составил 7 ч, во втором – 24 ч. Замеры линейного прироста проводили спустя 30 и 60 дней после начала эксперимента: у мочажинных мхов с помощью линейки; у грядовых – нанесением новых отметок на уровне головок мха.

Изучение пигментного состава мхов проводили в конце эксперимента (через 60 дней). Фотосинтетические пигменты экстрагировали с помощью 80%-ного ацетона. Концентрацию пигментов (хлорофиллов и каротиноидов (сумму каротинов и ксантофиллов)) в полученной ацетоновой вытяжке определяли на спектрофотометре UV-1800 Shimadzu (Япония). [10]. Определение влажности образцов мхов проводили методом высушивания до постоянной массы при $t = 105^{\circ}\text{C}$.

Полученные в ходе эксперимента численные значения приведены в тексте статьи и в таблицах в формате среднее значение \pm стандартное отклонение, либо в виде диапазона значений. Для определения достоверности различий между выборками в программе SPSS Statistics 11 использовали критерий U Манна–Уитни – непараметрический аналог критерия Стьюдента, применяемый для малых выборок. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости критерия (p) меньше 0,05 [11, с. 49].

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе эксперимента были получены значения концентраций фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов) и их соотношения, приведенные в

таблице 1. Установлено, что большая часть пигментного комплекса сфагновых мхов представлена хлорофиллом *a* (52–57%), концентрация которого в обоих вариантах опыта изменялась от $0,37 \pm 0,06$ до $1,65 \pm 0,39$ мг/г в зависимости от вида. Меньшую часть пигментного комплекса составили вспомогательные пигменты – хлорофилл *b* (15–28%) и каротиноиды (17–29%), концентрация которых изменялась в пределах от $0,15 \pm 0,03$ до $0,71 \pm 0,18$ мг/г и от $0,13 \pm 0,02$ до $0,56 \pm 0,07$ мг/г соответственно. Согласно полученным результатам, соотношение хлорофиллов *a/b* в пигментном комплексе сфагновых мхов, в основном, не превышало 3,5, а доля хлорофилла в светособирающем комплексе во всех вариантах опыта оказалась выше 60%. Соотношение хлорофиллов и каротиноидов в эксперименте достигало 4,5.

В ходе анализа экспериментальных данных различия в пигментном комплексе, связанные с длиной фотопериода, были обнаружены только у вида *S. capillifolium*, у которого средняя концентрация хлорофилла *a* при 24-часовом фотопериоде оказалась в 2 раза выше, чем при 7-часовом фотопериоде, а соотношение хлорофиллов *a/b* – в 1,3 раза больше ($p < 0,05$). Для оставшихся трех видов значимых различий в пигментном комплексе по вариантам опыта выявлено не было ($p > 0,05$). При выращивании грядковых мхов в условиях удлиненного фотопериода у этих видов была отмечена пониженная доля хлорофиллов в светособирающем комплексе по сравнению со мхами, выращиваемыми при более коротком фотопериоде, при этом разница составила 16–18%. У мочажинных мхов доля хлорофиллов в светособирающем комплексе не различалась в обоих вариантах опыта.

В таблице 2 приведены результаты измерения линейного прироста сфагновых мхов после 30- и 60-дневного культивирования. В ходе эксперимента в ряде случаев были выявлены различия по линейному приросту как между опытами с разной длиной светового дня, так и между первым и вторым месяцем выращивания. Побеги *S. majus* при 7-часовом фотопериоде продемонстрировали больший прирост за второй месяц выращивания ($2,00 \pm 1,11$ см) по сравнению с первым ($1,32 \pm 0,97$ см). В варианте опыта с 24-часовым фотопериодом прирост за первый месяц ($3,40 \pm 1,40$ см), напротив, был больше, чем прирост за второй ($2,70 \pm 1,35$ см). Все выявленные различия для этого вида были статистически значимы при $p < 0,05$. Для *S. lindbergii* в обоих вариантах опыта изменения прироста по месяцам не произошло ($p > 0,05$): прирост побегов за первый и второй месяцы при 7-часовом фотопериоде составил $0,77 \pm 0,56$ и $1,00 \pm 0,69$ см, при 24-часовом фотопериоде – $2,30 \pm 1,07$ и $2,40 \pm 1,30$ см). Тем не менее, при круглосуточном освещении все значения прироста оказались выше, чем при 7-часовом фотопериоде ($p < 0,05$).

При 7-часовом фотопериоде приросты по месяцам у грядковых видов *S. fuscum* и *S. capillifolium* не различались. Приросты за первый и второй месяцы в этом варианте опыта у *S. fuscum* составили $0,19 \pm 0,09$ и $0,20 \pm 0,11$ см, у *S. capillifolium* – $0,22 \pm 0,10$ и $0,20 \pm 0,09$ см ($p > 0,05$). При 24-часовом фотопериоде для каждого грядкового вида линейный прирост за второй месяц в среднем оказался в 2 раза больше, чем за первый ($p < 0,05$). Грядковые виды, как и мочажинные, при 24-часовом фотопериоде росли быстрее, чем при 7-часовом ($p < 0,05$).

Таблица 1

Средние значения и стандартные отклонения содержания и соотношения фотосинтетических пигментов в сфагновых мхах при различном фотопериоде

Вид	Фотопериод	Хл, мг/г		Кар, мг/г	Соотношения		Доля Хл в ССК, %
		<i>a</i>	<i>b</i>		<i>a/b</i>	хл/кар	
<i>S. lindbergii</i>	7 ч	$1,32 \pm 0,11$	$0,59 \pm 0,05$	$0,48 \pm 0,03$	$2,22 \pm 0,01$	$3,96 \pm 0,06$	68
	24 ч	$1,49 \pm 0,2$	$0,66 \pm 0,09$	$0,56 \pm 0,07$	$2,24 \pm 0,02$	$3,87 \pm 0,05$	65
<i>S. majus</i>	7 ч	$1,65 \pm 0,39$	$0,71 \pm 0,18$	$0,53 \pm 0,12$	$2,32 \pm 0,14$	$4,48 \pm 0,24$	66
	24 ч	$1,60 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,03$	$0,55 \pm 0,02$	$2,37 \pm 0,05$	$4,16 \pm 0,05$	68
<i>S. fuscum</i>	7 ч	$0,37 \pm 0,06$	$0,17 \pm 0,05$	$0,18 \pm 0,005$	$2,31 \pm 0,35$	$2,96 \pm 0,61$	70
	24 ч	$0,40 \pm 0,10$	$0,15 \pm 0,06$	$0,21 \pm 0,04$	$2,78 \pm 0,67$	$2,67 \pm 0,41$	59
<i>S. capillifolium</i>	7 ч	$0,31 \pm 0,06$	$0,15 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,02$	$1,99 \pm 0,12$	$3,47 \pm 0,38$	74
	24 ч	$0,62 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,03$	$0,25 \pm 0,02$	$2,60 \pm 0,08$	$3,49 \pm 0,13$	61

Таблица 2

Средние значения и стандартные отклонения месячного прироста сфагновых мхов (см) при различном фотопериоде

Длина фотопериода	Кол-во дней культивирования	<i>Sphagnum majus</i>	<i>S. lindbergii</i>	<i>S. fuscum</i>	<i>S. capillifolium</i>
7 ч	30	1,32±0,97	0,77±0,56	0,19±0,09	0,22±0,10
	60	2,00±1,11	1,00±0,69	0,20±0,11	0,20±0,09
24 ч	30	3,40±1,40	2,30±1,07	0,30±0,12	0,70±0,38
	60	2,70±1,35	2,40±1,30	0,60±0,32	1,43±0,43

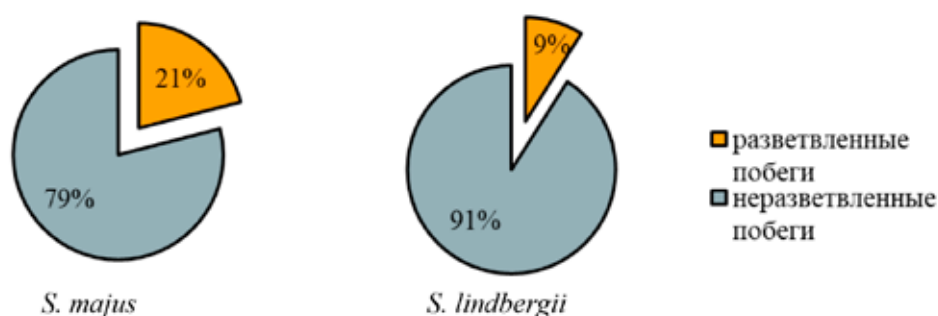


Рис. 2 Доля (%) разветвленных и неразветвленных побегов у сфагновых мхов после двухмесячного эксперимента при 24-часовом фотопериоде

Кроме того, по истечении 60 дней эксперимента наблюдали морфологические изменения исследуемых мхов. После двух месяцев выращивания мочажинных видов сфагнов при 24-часовом фотопериоде верхушки некоторых побегов разветвились, образовав 2–3 новые головки (рис. 2). Интересное наблюдение касается грядкового вида *Sphagnum capillifolium*: при круглосуточном освещении растения этого вида начали давать зеленые боковые побеги в довольно большом количестве.

Дернинки грядковых мхов, обычно плотно растущие, спустя два месяца эксперимента оказались рыхлее, чем в самом начале. Мочажинные мхи, растущие погруженными в воду, приобрели водную форму роста, характеризующуюся крупными размерами листьев, веточек и головок. Грядковый вид *S. capillifolium* приобрел зеленую окраску (характерную для данного вида в затененных местообитаниях), утратив антоцианы, дающие этому виду в сильно освещенных местообитаниях красную окраску и выполняющие функцию защиты от фотоповреждения.

Проанализировав результаты эксперимента, можно предположить, что темпера-

тура воздуха и освещенность, поддерживаемые в вариантах опыта, а также состав болотной воды создали условия, благоприятные для формирования первичной продукции, которые привели к изменениям морфологии мхов. Влажность воздуха и субстрата была достаточной, а для грядковых видов даже избыточной, что и привело к разрыхлению дернинок, а отсутствие света высокой интенсивности поспособствовало утрате антоциановой окраски мхами, первоначально имеющими красный цвет.

Несмотря на то что результаты существующих лабораторных исследований указывают на ингибирование фотосинтетического аппарата растений при вегетации в условиях длинного светового дня [12, 13], 24-часовой фотопериод не оказал негативного влияния на пигментный комплекс исследуемых видов сфагнов. Круглосуточное освещение ускорило рост сфагнов, при этом мочажинные виды росли в 2–11 раз быстрее грядковых. Выводы о более быстром росте мочажинных видов сфагновых мхов и о большем содержании фотосинтетических пигментов по сравнению с грядковыми согласуются с результатами проведенных ранее исследований [6, 14].

Заключение

По окончании лабораторного эксперимента было установлено, что пигментный комплекс сфагновых мхов на 52–57% был образован хлорофиллом *a*. Хлорофилл *b* и каротиноиды составляли 15–28% и 17–29% от всего пигментного комплекса соответственно. В зависимости от вида содержание хлорофилла *a* при обоих вариантах опыта изменялось в пределах 0,39–1,62 мг/г, содержание хлорофилла *b* составило 0,10–0,85 мг/г, каротиноидов – 0,13–0,62 мг/г. Соотношение хлорофиллов *a/b* в данном исследовании, в основном, не превышало 3,5, а доля хлорофиллов в ССК варьировала в пределах 59–74%. Соотношение хлорофиллов и каротиноидов не превышало 4,5 и оставалось постоянным у всех исследованных видов сфагновых мхов в обоих вариантах опыта. Сравнение концентраций хлорофиллов и каротиноидов и их соотношений у мхов, выращиваемых при 7-часовом и 24-часовом фотопериоде, не показало статистически значимых различий для *S. fuscum*, *S. majus* и *S. lindbergii*. У *S. capillifolium* при 24-часовом фотопериоде концентрация хлорофилла *a* и соотношение хлорофиллов *a/b* оказались выше, чем при 7-часовом. У этого вида, как и у *S. fuscum*, при удлиненном фотопериоде доля хлорофиллов в ССК была выше в 1,2 раза. Грядовые мхи реагировали снижением доли хлорофиллов в ССК на удлиненный фотопериод, тогда как этот показатель для мочажинных мхов не менялся в зависимости от длины фотопериода. В лабораторном эксперименте показано, что в условиях постоянной влажности и комнатной температуры проросты у *S. lindbergii* при 7-часовом фотопериоде составили 0,1–2,5 см/месяц, у *S. majus* – 0,1–3,9 см/месяц, у *S. fuscum* – 0,1–0,6 см/месяц, у *S. capillifolium* – 0,1–0,5 см/месяц; при 24-часовом фотопериоде у *S. lindbergii* значения варьировали в пределах 0,5–6,1 см/месяц, у *S. majus* – 0,4–6 см/месяц, у *S. fuscum* – 0,2–1,6 см/месяц, у *S. capillifolium* – 0,2–2,1 см/месяц. Наибольшие значения линейного прироста все виды продемонстрировали при выращивании в условиях 24-часового периода. Различия по линейному приросту в вариантах опыта являются статистически значимыми.

Таким образом, при выращивании сфагновых мхов установлено, что в искусственных условиях продолжительность светового дня положительно влияет на продуктивность культивируемых видов сфагнов,

не оказывая значительного влияния на пигментный комплекс этих растений. Полученные результаты могут быть применены при разработке методов культивирования сфагновых мхов в условиях теплиц и плантаций, однако отдельное внимание при этом стоит уделить поддержанию температуры и влажности воздуха и субстрата.

Список литературы

1. Панов В.В., Мисников О.С. Современные тенденции развития торфяной отрасли России // Труды Инсторфа. 2015. № 11 (64). С. 3-12.
2. Ludwig G. Opportunities and Challenges of Sphagnum Farming & Harvesting: dissertation for the defence of degree Doctor Philosophiae in Natural Resources, Bioeconomy Development. Defence place: JAMK University of applied sciences. Jyväskylä, 2019. 33 p.
3. Wichmann S., Krebs M., Kumar S., Gaudig G. Paludiculture on former bog grassland: Profitability of Sphagnum farming in North West Germany // Mires and Peat. 2020. Vol. 26. № 8. P. 1-18. DOI: 10.19189/MaP.2019.SNPG.StA.1768.
4. Grobe A., Tiemeyer B., Graf M. Recommendations for successful establishment of Sphagnum farming on shallow highly decomposed peat // Mires and Peat. 2021. Vol. 27. P. 1-18. DOI: 10.19189/MaP.2020.APG.StA.2022.
5. Sukhbir S., Angadi S.V., Hilaire R.S., Grover K., VanLeeuwen D.M. Spring safflower performance under growth stage based irrigation in the southern high plains // Crop Science. 2016. Vol. 56. P. 1878-1889. DOI: 10.2135/cropsci2015.08.0481.
6. Грабовик С. И., Кузнецов О. Л. Рост и продуктивность ценопопуляций сфагновых мхов на естественных и трансформированных болотах Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. № 4. С. 59-69. DOI: 10.17076/eco290.
7. Glime J.M. Light: Seasonal Effects. Chapter 9-4. In: Glime J.M. Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology. Houghton, Michigan, United States of America: Michigan Technological University and the International Association of Bryologists, 2021. 11 с.
8. Коровин А.И. О периодичности суточного роста растений на севере // Известия Карельского и Кольского филиалов АН СССР. 1958. № 5. С. 84-88.
9. Игнатов М.С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Т. 1. Sphagnaceae-Hedwigiaceae. М.: КМК. 2003. 608 с.
10. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoids – pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350–382. DOI: 10.1016/0076-6879(87)48036-1.
11. Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований: учебное пособие. СПб: Из-во Политехнического университета. 2016. 125 с.
12. Икконен Е.Н., Шибяева Т.Г., Шерудило Е.Г., Титов А.Ф. Кратковременные ежесуточные понижения температуры могут нивелировать негативный эффект круглосуточного освещения на фотосинтетический аппарат растений // Физиология растений. 2023. Т. 70, № 4. С. 402-409. DOI: 10.31857/S0015330323600092.
13. Gerdol R. The growth dynamics of Sphagnum based on field measurements in temperate bog and on laboratory cultures // Journal of Ecology. 1995. Vol. 83. № 3. P. 431-437.
14. Kuttim M. Ecophysiology of boreal mire mosses – Effects of winter conditions and consequences of climate change: dissertation for the defence of degree Doctor Philosophiae in Ecology. Defence place: the Doctoral Studies Council of natural Sciences of Tallin University. Tallin, 2020. 126 p.

УДК 630.23(571.54)
DOI

ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ КЯХТИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

Кисова С.В., Гладинов А.Н., Татарникова В.Ю., Олзоева Э.Б., Будаев З.А.
*ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова»,
Улан-Удэ, e-mail: kissova.svetlana@mail.ru*

В связи с тем, что с каждым годом нарастает проблема «углеродного следа» человечества, в мире особо остро стоит проблема восстановления экосистем леса. Лес участвует во многих процессах формирования экосистемных услуг – ресурсообеспечивающих, регулирующих, культурных и поддерживающих (ЮНЕП 2005). В Российской Федерации с 2018 г. запущен к реализации федеральный проект «Сохранение лесов». Данный проект имеет целью к 2024 г. довести объем лесовосстановления до 1,5 млн га в год. В статье рассматриваются вопросы лесовосстановления в сухостепной зоне Республики Бурятия на примере Кяхтинского лесничества. В ходе исследования выявили наиболее подходящий метод лесовосстановления для сухостепной зоны. Анализ данных проведен с 2012 по 2021 г. За рассматриваемый период в Кяхтинском лесничестве было создано 742 га лесных культур сеянцами сосны обыкновенной, меры содействия естественному лесовозобновлению были проведены на площади 5551 га. Сроки создания лесных культур в Кяхтинском лесничестве приходятся на весенний период. В статье рассмотрены показатели площади ежегодной закладки лесных культур, перевода лесных культур в покрытые лесом земли, количество списанных лесных культур, оставшиеся лесные культуры, не переведенные в покрытые лесом земли. По естественному лесовосстановлению авторы рассмотрели динамику содействия лесовозобновлению, площади возобновленности хвойных пород. Для сухостепной зоны Кяхтинского лесничества наиболее целесообразным видом лесовосстановления является естественное. Основным фактором, препятствующим приживаемости сеянцев сосны обыкновенной при создании лесных культур, является аридность сухостепной зоны.

Ключевые слова: сухостепная зона, искусственное лесовосстановление, сосна обыкновенная, содействие естественному лесовозобновлению, сеянцы, экосистемные услуги лесных экосистем

ASSESSMENT OF REFORESTATION PROCESSES IN THE DRY-STEPPE ZONE OF THE KYAKHTA FOREST DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BURYATIA

Kisova S.V., Gladinov A.N., Tatarnikova V.Yu., Olzoeva E.B., Budaev Z.A.
*Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov, Ulan-Ude,
e-mail: kissova.svetlana@mail.ru*

As the problem of humanity's carbon footprint grows every year, the world is facing a particularly acute challenge in restoring forest ecosystems. The forest is involved in many processes of forming ecosystem services – resource-supplying, regulating, cultural and supporting (UNEP 2005). In the Russian Federation, the federal project “Forest Conservation” has been launched for implementation since 2018. This project aims to increase the volume of reforestation to 1.5 million hectares per year by 2024. The article deals with the issues of reforestation in the dry-steppe zone of the Republic of Buryatia on the example of Kyakhta forestry. In the course of the study we identified the most appropriate reforestation method for the dry-steppe zone. The data were analysed from 2012 to 2021. During the period under consideration in the Kyakhta forestry 742 hectares of forest cultures were established with seedlings of common pine, measures to promote natural regeneration were carried out on the area of 5551 hectares. The timing of establishment of forest crops in the Kyakhta lesnichestvo falls on the spring period. The article considers the indicators of the area of annual establishment of forest crops, conversion of forest crops to forested land, the number of forest crops written off, the remaining forest crops not converted to forested land. For natural regeneration, the authors considered the dynamics of reforestation promotion, the area of coniferous species regeneration. For the dry-steppe zone of the Kyakhta forestry district, natural regeneration is the most appropriate type of reforestation. The main factor hindering the survival of common pine seedlings when establishing forest cultures is the aridity of the dry-steppe zone.

Keywords: dry-steppe zone, artificial reforestation, promotion of natural reforestation, common pine, seedlings, ecosystem services of forest ecosystems

Комитет европейской экономической комиссии ООН по лесам и лесной отрасли и Европейская комиссия по лесному хозяйству ФАО в 2015 г. постановили, что при ведении лесного хозяйства необходимо применять более широкий подход в отношении использования лесных ресурсов и прини-

мать во внимание важную роль, которую выполняют леса, будучи экосистемами, поддерживающими жизнь во всех ее различных формах. В начале XXI в. все большее признание получает тот факт, что леса являются источником многочисленных благ, называемых экосистемными услугами. Леса служат

неотъемлемой средой обитания многочисленных видов животных и растений, регулируют сток воды, обеспечивают надлежащее качество воды и являются источником чистого воздуха. По данным ФАО, на планете ежегодное уменьшение покрытых лесом земель составляет 10 млн га [1]. Причинами такого состояния лесных земель являются: рубки лесных древостоев с целью заготовки древесины, ведение сельского хозяйства, добыча полезных ископаемых, строительство гидроэлектростанций, лесные пожары, урбанизация и многое другое [2]. Поэтому вопросы восстановления лесных экосистем являются актуальными для Российской Федерации как части мирового сообщества.

Сосновые леса на территории Республики Бурятия в последние десятилетия активно вовлекались в процесс лесозаготовок [3], что привело к необходимости лесовосстановления. Проведение качественного лесовосстановления является одним из основных вопросов лесного хозяйства.

Цель исследования – анализ результатов искусственного и естественного лесовосстановления на территории Кяхтинского лесничества, проводимого в 2012–2021 гг.

Территория Кяхтинского лесничества отнесена к Южно-Сибирской горной лесорастительной зоне Байкальского горного лесного района [4]. Природно-климатические условия Кяхтинского лесничества относятся к сухой степи. Климат характеризуется резкой континентальностью и периодической засушливостью. Высокие температуры воздуха в летний период с небольшим количеством осадков – 230–250 мм – сменяются малоснежной зимой с отрицательными низкими температурами воздуха в среднем -35 – -38 °С.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований является территория Кяхтинского лесничества, где проводились наблюдения за процессами естественного лесовозобновления и создания лесных культур в 2012–2021 гг.

При учете естественного лесовозобновления ежегодно проводилась закладка 30 пробных площадок (2012–2021 гг.), каждая размером 10 м^2 [5], на которых был проведен подсчет жизнеспособного подроста.

Устройство пробных площадей произведено на лесных культурах в период с 2012 по 2021 г., всего 155 пробных площадок, каждая размером 1000 м^2 . Общая площадь площадок составила 15,5 га. В пределах данных площадей проводили пересчет высаженных растений с последующим переводом на 1 га площади. Оценка качества лесных культур проводилась согласно существующей шкале, предусмотренной методикой оценки качества искусственного лесовосстановления [5, 6]. Полученные данные статистически обработаны [7].

Результаты исследования и их обсуждение

На 2020 г. по данным Рослесинфорга земли, на которых восстановление леса может быть обеспечено только путем создания лесных культур, в Кяхтинском лесничестве занимают площадь 442 га, из них 58 га – гари, 384 га – вырубки (Интерактивная карта «Леса России» (roslesinforg.ru)). За период с 2012 по 2021 г. было заложено в общей сложности 742 га лесных культур (рис. 1). Для проведения искусственного лесовосстановления в основном применяются семена сосны обыкновенной.

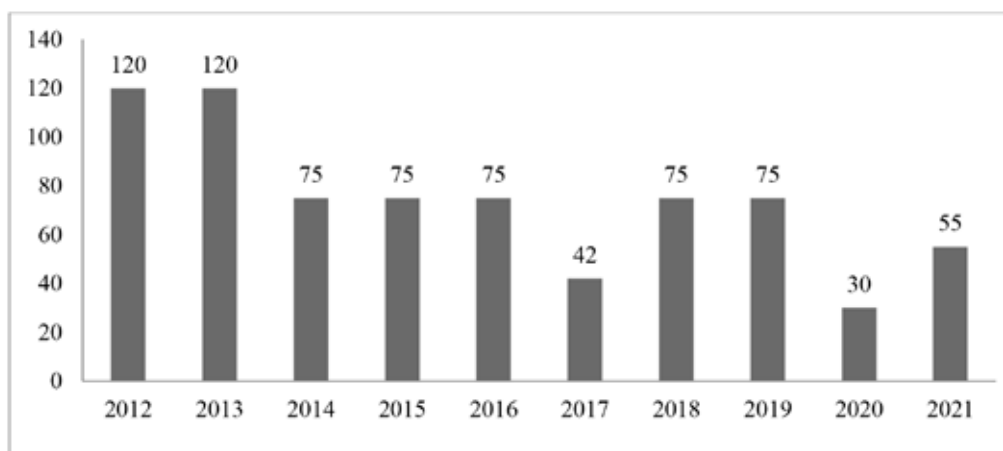


Рис. 1. Площадь заложённых лесных культур по годам, га



Рис. 2. Динамика показателей искусственного лесовосстановления, га

Искусственное лесовосстановление в Кяхтинском лесничестве проводится, если невозможно обеспечить естественное лесовосстановление хозяйственно ценными лесными древесными породами, а также на лесных участках, где погибли лесные культуры.

Из данных рис. 1 наибольшая площадь закладки лесных культур была в 2012 и 2013 гг. – по 120 га, наименьшая площадь в 2020 г. – 30 га. Из полученных данных нарастающая динамика по закладке лесных культур не прослеживается. В лесохозяйственном регламенте Кяхтинского лесничества прописан планируемый ежегодный объем искусственного лесовосстановления – 55 га, дополнение лесных культур – 15 га. Средний показатель ежегодной закладки лесных культур в Кяхтинском лесничестве – 74,2 га, что соответствует ежегодному нормативу лесохозяйственного регламента рассматриваемого лесничества [8].

На рис. 2 представлена динамика показателей искусственного лесовосстановления: площадь лесных культур (га), переведено в покрытые лесом земли лесных культур (га), списано лесных культур (га), осталось лесных культур, не переведенных в покрытые лесом земли (га). Всего за период с 2012 по 2021 г. искусственное лесовосстановление было проведено на площади 742 га. На момент инвентаризации 2022 г. в лесопокрытую площадь было переведено всего 43 га – посадки 2012 г. Вся остальная площадь под лесными культурами:

– требует дополнения – 353 га (47% от площади всех заложенных лесных культур);

– идет под списание – 346 га (46% от площади всех заложенных лесных культур) – та площадь, на которой приживаемость лесных культур менее 25%.

Основными причинами гибели лесных культур в сухостепной зоне являются неблагоприятные погодные условия: в мае и июне – малое количество осадков и большие перепады суточных температур. Этот период для семян является критическим при проведении весенней посадки.

Перенос сроков проведения искусственного лесовосстановления в Кяхтинском лесничестве с весны на осень позволит уйти от неблагоприятных климатических показателей – малого количества осадков в мае и июне и больших суточных перепадов температур, к которым сеянцы наиболее чувствительны на первом этапе приживаемости, так как они не находятся под защитой полога леса, который в естественных условиях, нивелирует неблагоприятные факторы. Посадка сеянцев в осенний период позволит развить более мощную корневую систему, так как период активной вегетации в осенний период подходит к концу.

Данные по естественному лесовосстановлению в Кяхтинском лесничестве за 2012–2021 гг. представлены на рис. 3.

Так, по данным рис. 3 видно, что максимальная площадь содействия естественному возобновлению наблюдалась в 2018 г. и составила 785,4 га. В 2015 г. мероприятия по содействию естественному возобновлению леса не проводились.

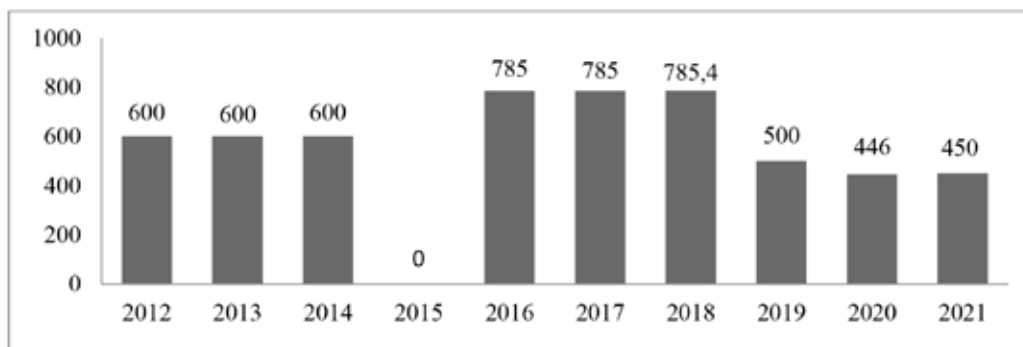


Рис. 3. Площадь содействия естественному возобновлению, га



Рис. 4. Площадь содействия естественному возобновлению и площадь возобновления, га

В среднем ежегодно содействие естественному лесовосстановлению в Кяхтинском лесничестве проводится на площади 555,1 га. По лесохозяйственному регламенту площадь ежегодного содействия лесовозобновлению – 300 га.

В целях содействия естественному лесовосстановлению в Кяхтинском лесничестве осуществляются следующие мероприятия:

- сохранение возобновившегося под пологом лесных насаждений жизнеспособного поколения главных лесных древесных пород лесных насаждений;
- сохранение жизнеспособного укоренившегося подроста и молодняка главных лесных древесных пород при проведении рубок лесных насаждений;
- минерализация поверхности почвы на местах планируемых рубок спелых и перестойных насаждений и на вырубках;
- оставление семенных деревьев, куртин и групп; ограживание площадей.

По данным на 2022 г. всего возобновилось за счет мер содействия естественному лесовозобновлению 1361,3 га, из них хвойными – 1201,5 га (рис. 4).

Таким образом, площадь естественного возобновления хвойными породами составила 21,6%, от всей площади содействия естественному возобновлению за 2012–2021 гг.

Всего за период 2012–2021 гг. площадь содействию естественному лесовозобновлению составила 5551,4 га. Возобновление главными породами не закончено на площади 4190,1 га – 75,5% от всей площади содействия естественному возобновлению, передано в покрытые лесом земли 1361,3 га – 24,5%. Отсутствие перевода в лесопокрываемую площадь в 2018–2021 гг. можно связать с тем, что главные породы не достигли необходимого возраста для перевода. Поэтому возможно предположить, что с каждым новым годом площадь перевода в покрытые лесом земли будет увеличиваться.



Рис. 5. Динамика площади естественного возобновления и создания лесных культур

На рис. 5 представлены данные по следующим показателям:

- площадь содействия естественному возобновлению леса, га;
- передано в покрытые лесом земли, при содействии естественному лесовозобновлению, га;
- площадь создания лесных культур, га;
- площадь лесных культур, переведенная в покрытые лесом земли, га.

Как видно из рис. 5, за исследуемый период наибольшая площадь, на которой были проведены работы по лесовосстановлению, наблюдалась в 2016, 2017, 2018 гг. – 785, 785, 785,4 га соответственно. Передано в покрытые лесом земли, при содействии естественному лесовозобновлению за исследуемый период, 1361,3 га, т.е. 21,6% от всей площади лесовосстановления в лесничестве, переведено в покрытые лесом земли лесных культур 43 га – 0,68%. Минимальные значения площади лесовозобновления были зафиксированы в 2015 г. Содействия естественному лесовозобновлению в этот год не проводилось, были заложены лесные культуры на площади 75 га.

Заклучение

Анализ приведенных данных позволяет заключить, что для сухостепной зоны Кяхтинского лесничества естественное лесовосстановление является приоритетным. Площадь перевода в покрытые лесом земли по данным показателям намного превышает лесные культуры. Из всех заложенных лесных культур только культуры посадки

2012 г. соответствуют необходимым нормативам для перевода в покрытые лесом земли. Остальные площади, на которых было проведено искусственное лесовосстановление, либо списаны – 346 га, либо требуют дополнения – 353 га. По нашему мнению, такая ситуация с созданием лесных культур связана с природно-климатическими особенностями расположения Кяхтинского лесничества. Так как сроки создания лесных культур в лесничестве приходится на весенний период, семена испытывают стресс недостатка влаги, перепадов суточных температур. Все это вкуче дает дополнительную нагрузку на приживаемость лесных культур. Проектирование, закладка и выращивание лесных культур должны базироваться на зонально-типологической основе [9].

Основываясь на проведенных исследованиях для сухостепной зоны Кяхтинского лесничества, рекомендуем произвести перенос сроков создания лесных культур с весны на осенний период. Перенос сроков посадки семян на осень позволит лесным культурам лучше подготовиться к зимнему периоду, избежать неблагоприятных условий весенне-летнего периода.

Список литературы

1. FAO i YuNEP. 2020 god. Sostoyanie lesov mira – 2020 [FAO and UNEP.2020 year. The State of forests in the world]. Lesa, bioraznoobrazie i ljudi [Forests, biodiversity and people]. Rim, FAO. DOI: 10.4060/ca8642ru.
2. Черных Л.В., Черных Д.В., Черных В.Л. Апробация методики лесоводственно-статистического обоснования способов и объемов лесовосстановления на лесном участке //

Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021. № 1 (49). С. 64–81. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.1.64.

3. Гладинов А.Н., Коновалова Е.В., Кисова С.В., Сдобова С.С. Анализ результатов искусственного лесовосстановления на территории Курбинского лесничества Республики Бурятия // Рациональное использование почвенных и растительных ресурсов в экстремальных природных условиях: материалы научно-практической конференции, посвященной 70-летию агрономического факультета ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова» (Улан-Удэ, 17 июня 2022 г.) / Под общ. ред. О.М. Цыбиковой. Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2022. С. 32–37.

4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» от 18 августа 2014 года № 367 (с изменениями на 7 июня 2022 года) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339?marker=656010> (дата обращения: 18.10.2023).

5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления» от 29 декабря 2021 г. № 1024 [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202202110024> (дата обращения: 18.10.2023).

6. Методические указания по планированию, проектированию, приемке, инвентаризации, списанию объектов лесовосстановления и лесоразведения и оценке эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению. М.: ВНИИЛМ, 2011. 98 с.

7. Бурнаева Э.Г., Леора С.Н. Обработка и представление данных в MS Excel. 4-е изд., стер. СПб.: Лань, 2023. 156 с.

8. Лесохозяйственный регламент Кяхтинского лесничества, утвержден Приказом Республиканского агентства лесного хозяйства от 29.08.2018 г. № 888.

9. Мерзленко М.Д. Актуальные аспекты искусственного лесовосстановления // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 3 (357). С. 22–30. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.22.

УДК 630*161
DOI

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЕЕ АРЕАЛА

¹Корчагов С.А., ²Щекалев Р.В., ¹Грибов С.Е.,
¹Михайлов К.Л., ³Чавчавадзе Е.С.

¹ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», Архангельск,
e-mail: korchagov@sevniilh-arh.ru, griboff.s.e@mail.ru, klm1958@sevniilh-arh.ru;

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова», Санкт-Петербург, e-mail: schekalevr@yandex.ru;

³ФГБУН «Ботанический институт имени В.Л. Комарова» Российской академии наук,
Санкт-Петербург, e-mail: binadmin@binran.ru

Условия роста древесных растений, обусловленные климатическими факторами, почвенно-гидрологическим режимом, а также техногенными нагрузками, оказывают определенное влияние на формирование произрастающей древесины и ее плотность. Результаты проведенных ранее исследований не позволяют сделать однозначный вывод о влиянии условий местопроизрастания на базисную плотность формирующейся древесины сосны обыкновенной. Цель проведенных исследований – изучение изменчивости базисной плотности древесины сосны обыкновенной с учетом условий роста в северо-восточной части ее естественного ареала произрастания. Объектами исследования выступали насаждения сосны обыкновенной естественного происхождения, V–VI класса возраста, произрастающие в северо-восточной части ареала (северотаежный район европейской части Российской Федерации, Двинско-Вычегодский таежный район, район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации). В результате проведенного исследования авторами выявлено, что базисная плотность древесины сосны обыкновенной, произрастающей в древостоях V–VI класса возраста в северо-восточной части ареала своего распространения, составляет 473 кг/м³. Базисная плотность древесины варьирует в пределах отдельных локаций, и результаты проведенных исследований носят фрагментарный характер. В результате исследований установлено, что с улучшением условий местопроизрастания величина базисной плотности снижается. Также установлено, что при увеличении расстояния от источников эмиссии вредных веществ в атмосферу базисная плотность древесины сосны уменьшается.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, условия произрастания, техногенная нагрузка, процент поздней древесины, макроскопическое строение древесины, базисная плотность древесины

VARIABILITY OF WOOD DENSITY OF SCOTS PINE IN THE NORTH-EASTERN PART OF ITS RANGE

¹Korchagov S.A., ²Schekalev R.V., ¹Gribov S.E.,
¹Mikhaylov K.L., ³Chavchavadze E.S.

¹Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk,
e-mail: korchagov@sevniilh-arh.ru, griboff.s.e@mail.ru, klm1958@sevniilh-arh.ru;

²Saint Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov,
Saint Petersburg, e-mail: schekalevr@yandex.ru;

³V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Science,
Saint Petersburg, e-mail: binadmin@binran.ru

The growth conditions of woody plants, determined by climatic factors, soil-hydrological regime, as well as technogenic loads, have a certain impact on the formation of growing wood and its density. The results of previous studies do not allow us to draw an unambiguous conclusion about the influence of growing conditions on the basic density of developing Scots pine wood. The purpose of the research was to study the variability of the base density of Scots pine wood, taking into account growth conditions in the northeastern part of its natural growing area. The objects of the study were stands of Scots pine of natural origin, age class V-VI, growing in the north-eastern part of the range (North taiga region of the European part of the Russian Federation, Dvina-Vycheгда taiga region, area of tundra forests and sparse taiga of the European-Ural part of the Russian Federation). As a result of the study, the authors found that the basic density of Scots pine wood growing in forest stands of V-VI age classes in the northeastern part of its distribution area is 473 kg/m³. The basic density of wood varies within individual locations and the results of the studies are fragmentary. As a result of research, it has been established that with the improvement of growing conditions, the value of the base density decreases. In addition, it has been established that with increasing distance from sources of emission of harmful substances into the atmosphere, the basic density of pine wood decreases.

Keywords: Scots pine, growing conditions, anthropogenic load, macroscopic structure of wood, percentage of late wood, basic wood density

Вопрос о влиянии условий произрастания на плотность древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) имеет богатую научно-практическую историю. Установлено, что условия местопроизрастания могут вызвать ответную реакцию живых растительных организмов. Одно из проявлений ответной реакции – формирование определенной структуры древесины, обуславливающей ее плотность.

Опубликованные ранее результаты исследований, проведенных в условиях Европейского Севера России, не дают однозначного ответа о влиянии лесорастительных условий на плотность древесины сосны обыкновенной. Так, в исследованиях авторов выявлен незначительный рост плотности древесины по мере улучшения условий произрастания в зональном аспекте (Балтийско-Белозерский таежный район – 450, Южно-таежный район – 458 кг/м³). Д.Ю. Коноваловым [1] отмечается более высокая плотность древесины сосны в Южно-таежном районе и снижение показателя в Северо-таежном районе. О.Н. Тюкавина с соавторами утверждают, что древесина с минимальными показателями плотности формируется в сосняках черничных, кисличных и брусничных (380, 390 и 400 кг/м³), однако на почвах с избыточным увлажнением (болотистых) данный показатель достигает максимального значения и составляет 440 кг/м³ [2]. Исследованиями П.А. Феклистова, С.Н. Тарханова [3] и др., кроме того, отмечается неоднозначность реакции сосны обыкновенной на техногенное воздействие.

Цель исследования – изучить изменчивость базисной плотности древесины сосны обыкновенной с учетом условий роста в северо-восточной части ее естественного ареала произрастания.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования выступали насаждения сосны обыкновенной естественного происхождения, V–VI класса возраста, произрастающие в северо-восточной части ареала (Северо-таежный район европейской части Российской Федерации, Двинско-Вычегодский таежный район, район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации).

Методической базой при проведении исследования являлись основополагающие труды в области лесоводства, таксации и древесиноведения [4], а также положения национальных стандартов. Степень атмосферного загрязнения учитывалась на основании положений, изложенных ранее [3].

Определение лесоводственно-таксационных показателей насаждений выполнено на основе материалов таксации пробных площадей, заложенных в различных типах леса, а также на различных расстояниях от центра аэротехногенного загрязнения (в радиусе до 50 км от соответствующего населенного пункта). Класс бонитета установлен по шкале М.М. Орлова, тип леса – по классификации В.Н. Сукачева.

Для исследования макроструктуры и базисной плотности использовали керны, отобранные возрастным буровом с 15–20 средних деревьев. Отбор кернов осуществляли на высоте 1,3 м от корневой шейки в направлении север-юг. Базисная плотность древесины определена методом максимальной влажности, показатели макростроения – с использованием микроскопа МБС-1. Полученные экспериментальные материалы обработаны общеизвестными методами вариационной статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

Древостои сосны обыкновенной произрастают в различных условиях, что характеризуется типом леса и бонитетом. С ухудшением лесорастительных условий класс бонитета снижается (табл. 1).

В результате проведенных исследований авторами установлено, что средняя базисная плотность древесины сосны обыкновенной спелых древостоев, произрастающих в северо-восточной части ареала распространения, составляет 473 кг/м³. Базисная плотность древесины сосны обыкновенной изменяется в интервале от 507 до 439 кг/м³ в зависимости от условий местопроизрастания. По мере продвижения с юга на север в границах исследуемого региона, то есть по мере ухудшения лесорастительных условий, наметилась некоторая тенденция снижения базисной плотности древесины (табл. 2). Однако существенность различий средних значений по базисной плотности между отдельными районами выявлена лишь при сопоставлении данных в кустарничково-сфагновом типе леса ($t_{факт.} > t_{0,10}$).

Учитывая результаты проведенных исследований и полученные ранее авторами данные, а также данные ряда других авторов [4, 5], можно сделать вывод, что изменчивость базисной плотности древесины сосны обыкновенной носит фрагментарный характер и скорее всего закреплена на генетическом уровне, выход за пределы которого нарушает адаптационную способность отдельного дерева к внешним условиям среды.

Таблица 1

Бонитеты сосновых древостоев по районам исследования и типам леса

Класс бонитета		
Сосняк черничный свежий	Сосняк черничный влажный	Сосняк кустарничково-сфагновый
Северо-таежный район европейской части Российской Федерации (район г. Архангельска)		
III–IV	IV–V	V–Vб
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Сыктывкара)		
III–V	III–V	V–IV
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Котласа)		
IV–V	IV	V–Va
Район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации (район г. Нарьян-Мара)		
н/д	н/д	V–Va

Таблица 2

Базисная плотность древесины сосны обыкновенной

Среднее значение с его ошибкой	Базисная плотность по типам леса, кг/м ³		
	Сосняк черничный свежий	Сосняк черничный влажный	Сосняк кустарничково-сфагновый
Северо-таежный район европейской части Российской Федерации (район г. Архангельска)			
M ± m	467±13	473±12	507±13
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Сыктывкара)			
M ± m	442±12	457±11	469±11
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Котласа)			
M ± m	439±13	448±12	476±10
Район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации (район г. Нарьян-Мара)			
M ± m	н/д	н/д	478±12

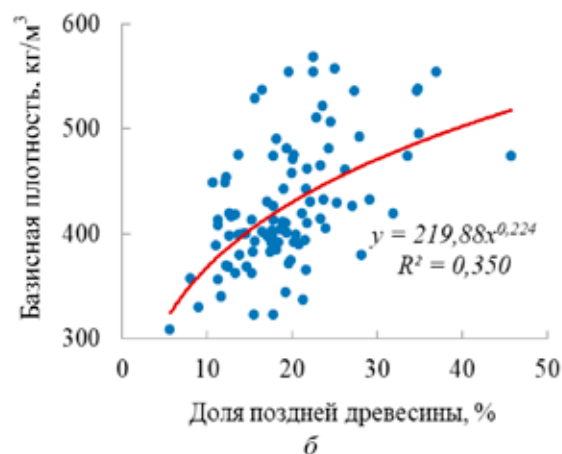
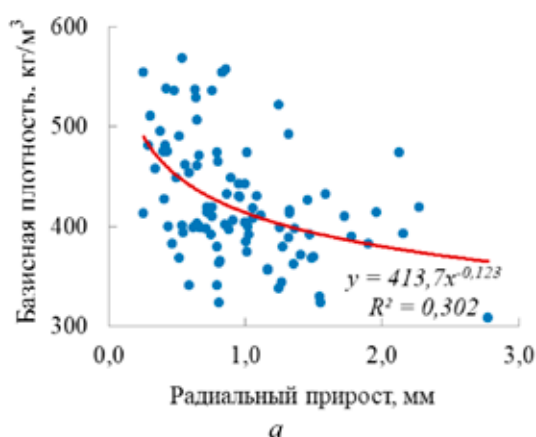


Рис. 1. Связь базисной плотности древесины со средней шириной годичного кольца (а) и процентом поздней древесины (б)

При статистической обработке полученных данных установлено, что изменчивость базисной плотности древесины сосны в разрезе отдельных изучаемых районов находится в пределах низкого уровня по шкале С.А. Мамаева. Для древостоев кустарничково-сфагновых коэффициент изменчивости составляет 12% для Архангельска, 12% для Сыктывкара, 10% для Котласа и 7% для Нарьян-Мара. В более производительном

типе леса (сосняках черничных свежих) изменчивость показателя менее выражена (для Архангельска – 8%; для Сыктывкара – 9%, для Котласа – 9%).

Корреляционный анализ полученных данных для древостоев, произрастающих в районе Архангельска, выявил средний уровень связи между базисной плотностью древесины и средней шириной годичного кольца и процентом поздней древесины (рис. 1).

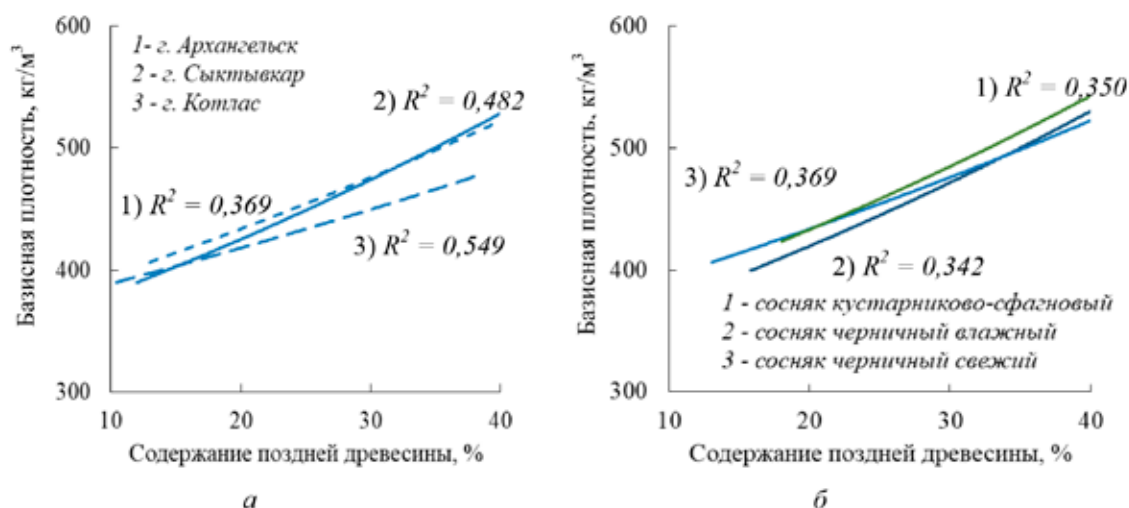


Рис. 2. Взаимосвязь базисной плотности древесины сосны обыкновенной с процентом поздней древесины в годичном слое (сосняк черничный свежий) (а); типы леса (б)

Таблица 3

Корреляция плотности древесины сосны обыкновенной с шириной годичного кольца и долей поздних зон по районам исследования и типам леса

Показатель	Сосняк		
	кустарничково-сфагновый	черничный влажный	черничный свежий
Северо-таежный район европейской части Российской Федерации (район г. Архангельска)			
Средняя ширина годичного слоя	-0,548±0,071	-0,530±0,081	-0,472±0,092
% поздней древесины	0,591±0,066	0,584±0,071	0,607±0,103
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Сыктывкара)			
Средняя ширина годичного слоя	-0,515±0,093	-0,546±0,085	-0,394±0,118*
% поздней древесины	0,686±0,082	0,711±0,061	0,693±0,091
Двинско-Вычегодский таежный район (район г. Котласа)			
Средняя ширина годичного слоя	-0,408±0,112*	-0,420±0,102	-0,391±0,108*
% поздней древесины	0,723±0,101	0,719±0,094	0,742±0,114
Район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации (район г. Нарьян-Мара)			
Средняя ширина годичного слоя	-0,537±0,095	н/д	н/д
% поздней древесины	0,601±0,087	н/д	н/д

Примечание. *соотношение корреляции к величине ошибки менее 4,0.

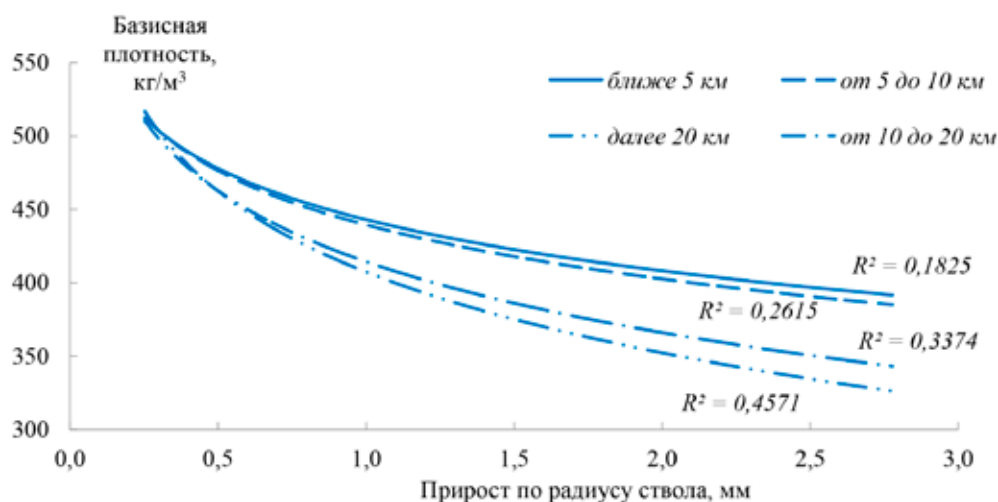


Рис. 3. Взаимосвязь базисной плотности древесины со средней шириной годичного слоя по мере удаления от источника аэротехногенных загрязнений

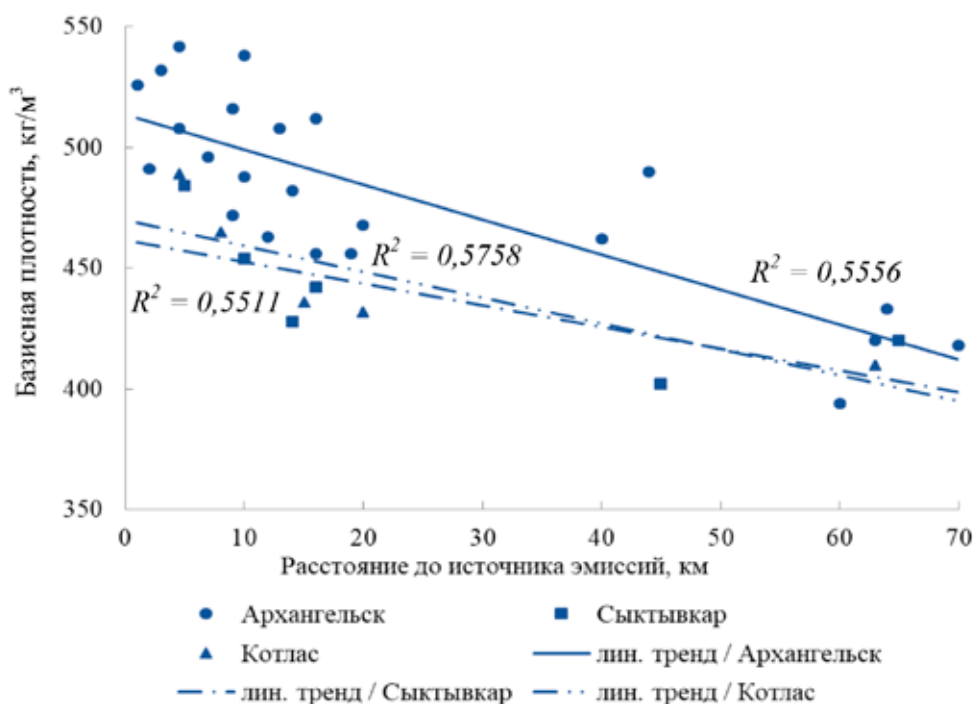


Рис. 4. Значение базисной плотности древесины на различном удалении от источников эмиссий

Увеличение содержания процента поздней древесины соответственно вызывает увеличение базисной плотности древесины сосны ($r = 0,592 \pm 0,067$; $t_{\text{факт.}} = 8,87 > t_{0,01} = 2,62$). Наличие обратной связи между плотностью и средней шириной годичного слоя ($r = -0,549 \pm 0,072$; $t_{\text{факт.}} = 7,62 > t_{0,01} = 2,62$) не противоречит имеющимся литературным данным, так как доказано, что прирост

годичного слоя происходит в основном за счет увеличения зоны ранней древесины. Аналогичные выводы для сосны обыкновенной в условиях Европейского Севера России ранее были сформулированы нами и рядом других авторов [4–8].

Отмечаются две разнонаправленные зависимости. Установлено, что при продвижении с севера на юг, в границах районов

исследования, происходит увеличение взаимосвязи базисной плотности с содержанием поздней древесины в годичном кольце, однако при этом происходит снижение зависимости плотности древесины от ширины годичного кольца (рис. 2, табл. 3).

Как показывают исследования, взаимосвязь плотности древесины с шириной годичного слоя и процентом поздней древесины незначительно ослабевает при продвижении с севера на юг и по мере улучшения почвенно-гидрологических условий. Множественный коэффициент корреляции плотности с шириной годичного кольца и процентом поздней древесины составляет для сосняков кустарничково-сфагновых, расположенных в районе Архангельска – 0,588; Сыктывкара – 0,560; Котласа – 0,516; Нарьян-Мара – 0,543. Для сосняков черничных свежих по районам исследования получены следующие значения множественной корреляции: 0,540 для Архангельска; 0,521 для Сыктывкара и 0,506 для Котласа. При статистическом анализе полученных данных установлено, что в однотипных условиях произрастания из различных районов исследования и различных условиях в рамках отдельного района фактическое значение показателя достоверности различий не превышает табличного ($t_{факт.} < t_{0,10}$) – достоверность различий не установлена.

Дополнительным критерием, определяющим условия произрастания, является величина техногенной нагрузки. В ходе исследований установлено, что степень атмосферного загрязнения корректирует зависимость базисной плотности от величины и структуры годичного кольца. Выявлено, что по мере приближения к источнику загрязнения связь плотности древесины со средней шириной годичного слоя ослабевает, что может быть вызвано уменьшением вариативности стратегий роста дерева с ухудшением условий произрастания (рис. 3).

Дифференцированное расположение объектов исследования по удалению от промышленных предприятий позволяет установить степень влияния атмосферного загрязнения на значения базисной плотности (рис. 4). Техногенный прессинг со стороны промышленных предприятий накладывает определенный отпечаток на процессы, про-

исходящие внутри ствола растущего дерева. Ряды динамики плотности указывают на ее склонность к росту по мере увеличения техногенной нагрузки.

Заключение

Средняя базисная плотность древесины сосны обыкновенной, произрастающей в древостоях V–VI класса возраста в северо-восточной части ареала ее распространения, варьирует в пределах от 507 до 439 кг/м³.

Наибольшие показатели соответствуют древостоям кустарничково-сфагнового типа леса в Северо-таежном районе европейской части Российской Федерации (район г. Архангельска).

Изменения базисной плотности древесины сосны в пределах отдельных локаций на территории Европейского северо-востока носят фрагментарный характер и снижаются по мере улучшения условий произрастания древостоя. Кроме этого на формирование древесины влияет техногенная нагрузка. Установлено, что по мере увеличения расстояния от произрастающего древостоя до источника загрязнения базисная плотность древесины сосны уменьшается.

Список литературы

1. Коновалов Д.Ю. Качество древесины культур сосны в северной и южной подзонах тайги: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. Архангельск, 2007. 16 с.
2. Тюкавина О.Н., Клевцов Д.Н., Дроздов И.И., Мелехов В.И. Плотность древесины сосны обыкновенной в различных условиях произрастания // Лесной журнал. 2017. № 6. С. 56–64.
3. Щекалев Р.В., Тарханов С.Н. Радиальный прирост и качество древесины сосны обыкновенной в условиях атмосферного загрязнения. Екатеринбург: УРО РАН, 2006. 127 с.
4. Потыкалова М.В. Лесное товароведение с основами древесиноведения. М.: Юрайт, 2023. 155 с.
5. Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А. Влияние периодического внесения азотных удобрений на качество древесины сосны обыкновенной в культурах // Успехи современного естествознания. 2016. № 11. С. 75–79.
6. Неронова Я.А. Последствие лесохозяйственных мероприятий на структуру годичного кольца древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в долговременном аспекте: дис. ... канд. сельхоз. наук. Петрозаводск, 2018. 149 с.
7. Ребко С.В., Мельник П.Г., Козел А.В., Поплавская Л.Ф., Тулик П.В., Носников В.В. Сравнительная оценка физико-механических свойств древесины различных климатипов сосны обыкновенной // Лесной журнал. 2023. № 4. С. 26–40.
8. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А., Щекалев Р.В. Комплексная оценка качества древесины сосны в лесных культурах разных условий произрастания // Лесоведение. 2021. № 2. С. 208–216.

УДК 630*587.5
DOI

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТАКСАЦИИ ЛЕСА НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ – КУЗБАССА

Щербакова Л.Н., Федулова Е.А., Рада А.О.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, e-mail: rada.ao@kemsu.ru

В работе представлено новое инновационное направление развития лесного хозяйства, происходящее в условиях цифровой революции – цифровая таксация леса. Цель работы – определение сути цифровой таксации леса, изучение механизма ее реализации, выявление положительных и отрицательных последствий ее проведения. Рассмотрено явление цифровой таксации во взаимосвязи с технологией «геоинформационных систем». Географическая информационная система в исследовании присутствует как система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных о лесном ресурсе страны. Представлены этапы и основные результаты цифровой таксации, проведенной в определенном регионе: Кемеровским государственным университетом в Кемеровской области – Кузбассе, где процесс был организован с помощью воздушных судов. Показаны базовые документы как итог цифровой таксации леса: составление точного ортофотоплана; формирование изображения плотного облака точек исследуемого участка; вычисление количества всех отдельно стоящих деревьев со сбором информации об их точных координатах, высоте. В исследовании применен нормализованный относительный индекс растительности (NDVI) как методически наиболее совершенный инструмент. В работе были выявлены недостатки используемого метода. Был сформирован базовый вывод работы, включающий как тезис о необходимости дальнейшего развития практики цифровой таксации леса, так и об учете недостатков, выведенных ее участниками. Работа выполнена в рамках свода аналитических работ, выполненных по результатам мониторинга состояния городских лесов, проекта «Геоинформационная система цифрового регионального управления».

Ключевые слова: цифровая таксация, геоинформационная система, Кемеровская область – Кузбасс, преимущества и положительные последствия цифровой таксации, нормализованный относительный индекс растительности (NDVI)

Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. № 1144-р, № соглашения 075-15-2022-1195 от 30.09.2022 г.

THE PRACTICE OF USING AIRCRAFT FOR DIGITAL FOREST INVENTORY ON THE EXAMPLE OF THE KEMEROVO REGION – KUZBASS

Scherbakova L.N., Fedulova E.A., Rada A.O.

Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: rada.ao@kemsu.ru

The paper presents a new innovative direction for the development of forestry, taking place in the context of the digital revolution – digital forest inventory. The aim of the work is to determine the essence of digital forest inventory, to study the mechanism of its implementation, to identify the positive and negative consequences of its implementation. The phenomenon of digital taxation in conjunction with the technology of “geographic information systems” is considered. The geographic information system in the study is present as a system for collecting, storing, analyzing and graphically visualizing spatial (geographical) data on the country’s forest resource. The stages of the process and the main results of the digital inventory carried out in a certain region are presented: by the Kemerovo State University in the Kemerovo Region-Kuzbass, where the process was organized with the help of aircraft. The basic documents are shown as a result of the digital inventory of the forest: compilation of an accurate orthophoto; formation of an image of a dense cloud of points of the study area; calculation of the number of all free-standing trees with the collection of information about their exact coordinates, height. The Normalized Relative Vegetation Index (NDVI) was used in the study as a methodologically the most perfect tool. The disadvantages of the method used were identified in the work. The basic conclusion of the work was formed, including both the thesis on the need for further development of the practice of digital forest inventory, and on taking into account the shortcomings identified by its participants.

Keywords: digital inventory, geographic information system, Kemerovo region – Kuzbass, advantages and positive consequences of digital inventory, normalized relative vegetation index (NDVI)

The study was carried out within the framework of a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle “Development and implementation of a set of technologies in the areas of exploration and production of minerals, ensuring industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials while consistently reducing the environmental load on the environment and risks for the life of the population,” approved by Order of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022 No. 1144-r, Agreement No. 075-15-2022-1195 dated September 30, 2022.

Начиная с конца прошлого столетия человечество пытается совместить решение плохо сочетаемых проблем: обеспечить рост экономики и благосостояния людей и сократить экологическую нагрузку на окружающую среду. Более десяти лет назад мировая общая озабоченность изменением климата определила необходимость разработки Парижского соглашения, которое стало отправным пунктом движения по направлению к экономике, построенной на низкоуглеродной «чистой» энергетике. Это соглашение включило в себя свод правил, в результате реализации которых стало бы возможным снижение отрицательного воздействия на климат и оказание помощи развивающимся странам в деле приспособления к изменениям климата. Было выявлено, что существуют пути решения экологической проблемы. Например, приводятся расчеты, где указывается, что при условии инвестирования в чистые технологии энергетической отрасли в будущем возможно обеспечить существенное снижение объема выбросов.

Огромное значение в выработке кислорода и сокращении углекислого газа на планете имеют лесные массивы. К сожалению, мировая тенденция такова, что лесистость на планете Земля непрерывно снижалась. 10 000 лет назад она составляла 50–60% суши, 100 лет назад – 30–40%, а сейчас – 23–30% [1]. На европейском пространстве первичных лесов практически не осталось, в Китае уничтожена почти половина лесных массивов, быстрыми темпами шло истребление лесных ресурсов в Юго-Восточной Азии и странах Латинской Америки. США близки к той точке развития, для которой характерно полное уничтожение леса.

Российская Федерация еще располагает большими территориями лесов, хотя нельзя сказать, что данные ресурсы рационально используются. Негативными последствиями вырубания лесов является падение уровня вырабатываемого кислорода, разрушение почвенного слоя, резкое сокращение флоры и фауны, снижение влагообмена и рост пустынь. К сожалению, рыночный механизм функционирования подталкивает к такой позиции человека, когда его больше интересует экономическая выгода от растительного и животного мира, чем его разнообразие.

Реалии современного общества состоят в том, что цифровая революция стала новым мощным трендом развития [2]. Цифровизация, начавшаяся в XX в., прочно укрепила в экономике XXI в. Указанный

термин имеет различные трактовки, это, например, переход на цифровой способ связи, то есть передача данных с помощью цифровых устройств [3].

Основоположники теории информационного общества отличались особым, прогрессивным взглядом на решение экологических проблем. Так, Д. Белл говорил об истощении ресурсов, доставшемся в наследство от индустриального общества [4]. М. Кастельс выражал надежду, что информационному обществу будет присущ дух глобализма, в котором отношения между человеком и природой будут гармоничными [5]. Таким образом, забота о ценнейшем экологическом ресурсе – лесных массивах – органично вписывается в теорию цифрового общества.

Информационная и цифровая революции нашли свое отражение в самых разнообразных сферах деятельности. Совершенствование процесса поиска, обработки, передачи информационного ресурса является важнейшей частью инновационных преобразований практически любой части народного хозяйства. На определенном этапе цифрового развития появилось такое направление, как ГИС-технологии. Понятию «геоинформационная система» или географическая информационная система дается следующее определение: – это система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах [6]. Существуют и другие трактовки термина «геоинформационная система»: так, его представление, в узком смысле слова, означает программный продукт, целью которого является поиск дополнительной информации об определенных объектах, анализ цифровой карты местности.

Технология геоинформационных систем в современных условиях используется в самых разнообразных сферах национальных экономик, например в инженерной геодезии и землеустройстве, управлении городским хозяйством, нашла применение и в лесном хозяйстве.

Лесное хозяйство, леса выступают ценнейшим производственным ресурсом. Поэтому весьма важно отношение человека к защите лесов, их рациональному использованию. Важной становится управленческая функция в данном вопросе. Государство располагает самой полной и всеобъемлющей информацией о состоянии лесных ресурсов, может выработать долгосрочную стратегию по управлению лесным фон-

дом страны [7]. Для России эта проблема очень актуальна.

Цель исследования – определение сути цифровой таксации леса, изучение механизма ее реализации, выявление положительных и отрицательных последствий ее проведения.

Материалы и методы исследования

Исследование основано на анализе научных публикаций, посвященных проблемам лесной таксации, развитию цифровых технологий. Работа опирается на системный подход, используются приемы анализа и синтеза для того, чтобы отдельно полученные данные о способах оценки лесного ресурса были собраны в единую систему выводов. Используются материалы из открытых источников интернета и базы данных РИНЦ. Глубина поиска, учитывая динамику развития цифровых технологий, была ограничена в основном пятью годами, по отдельным вопросам ГИС в лесном хозяйстве целесообразно цитирование некоторых более ранних работ.

Результаты исследования и их обсуждение

Механизм цифровой таксации. Наука по защите леса имеет свою историю. Первая научная мысль, связанная со значением лесного ресурса, зародилась в начале XX в. Ее основоположники сформировали положения по количественной и качественной оценке лесов. Отдельными, значимыми направлениями стали лесоустройство и лесная таксация, они были адекватны советской модели хозяйствования. В тот период успешно развиваются наука и техника: так, в XX в. были применены самолеты для сбора информации о состоянии лесов. В частности, были использованы фотоаппараты для расшифровки информации о миллионах гектаров земель лесного фонда. Спустя полвека информация о лесах стала собираться автоматически из космического пространства. Так, геостационарные спутники Земли, находящиеся в оптическом диапазоне, имели возможность собрать огромные массивы информации о состоянии лесной зоны.

Новый эволюционный этап в обработке и сборе информации о лесах возник на основе развития компьютерной техники и появления беспилотных летательных аппаратов. Офисная техника позволила собранный материал о лесах перенести с бумажных носителей на цифровые, тем самым обеспе-

чив новое качество работы с информацией. Применение беспилотных летательных аппаратов обеспечивает учет хвойных и лиственных пород (таксацию), существенно отличающуюся от традиционной, ручной. Аппарат за полчаса полета получает сотни снимков. Специальная программа обрабатывает фотографии, давая информацию об объеме древостоя и породе каждого дерева, выделяя данные цветами. Один вылет дрона обеспечивает наличие фотоснимков нескольких гектаров леса. Информация поступает на специальный сервер, на котором происходит склейка снимков и устранение бракованных изображений.

Несмотря на то, что теоретические основы, методы, традиционные средства сбора информации о лесах сохраняют свое значение и в современных условиях, цифровая таксация [8], без сомнения, представляет новую методологическую базу количественной и качественной оценки лесов.

Существующие методы и технологии аэрофотосъемки имеют широкий спектр функций, в частности позволяют для решения множества задач лесоустройства применять беспилотные летательные аппараты. Кроме той пользы, которая была определена выше, регулярный мониторинг городских лесов с помощью данной техники аккумулирует информацию о незаконных вырубках леса, о создании несанкционированных свалок и очагов пожара. Полученные в результате аэрофотосъемки таксационные показатели древостоев дают возможность анализа состояния лесных ресурсов с тем, чтобы в дальнейшем были приняты меры по их сохранению и воспроизводству.

Практика проведения цифровой таксации в Кемерово. Институтом цифры Кемеровского государственного университета была проведена аэрофотосъемка лесного участка одного из районов города – Рудничного бора. Целью мероприятия являлась попытка оценить состояние городских лесов на основе проведения их мониторинга. Параметры съемки были следующими: общая ее площадь составила 4,28 км², разрешение снимков – 3,18 см/пикс. Важно для точности результатов было использование светлого времени суток с перекрытием снимков 80/60 с той целью, чтобы как можно точнее определить координаты деревьев.

В исследовании было применено оборудование, являющееся беспилотным воздушным судном DJI Phantom 4 Multispectral. Представим технические характеристики данного оборудования (таблица).

Основные характеристики DJI Phantom 4 Multispectral

Рассматриваемые параметры оборудования	Значение параметров
Взлетная масса	1487 г
Размер по диагонали	350 мм
Макс. высота полета	500 м
Макс. скорость набора высоты	6 м/с
Макс. скорость снижения	3 м/с
Макс. скорость полета	16,1 м/с
Макс. время полета	27 мин
Диапазон рабочих температур	0 ...+40 °С
Диапазон рабочих частот	2,4–2,4835 ГГц (Европа, Япония, Корея)
Мощность передатчика (ЭИИМ)	< 20 дБм (СЕ/МС/КСС)
Расположение камеры	Внешняя в комплекте
Угол обзора камеры	62,7°
Максимальное разрешение видеосъемки	2160р
Разрешение фото по вертикали	1300 пикс.
Разрешение фото по горизонтали	1600 пикс.
Максимальное количество аккумуляторов	1 шт.
Емкость аккумулятора	5870 мА·ч
Напряжение аккумулятора	15.2 В

Примечание: составлено авторами по результатам съемки в Рудничном бору г. Кемерово.

Данный беспилотный летательный аппарат одной из своих функций имеет возможность проведения мультиспектральной съемки, которая является средством анализа здоровья растительного мира лесов.

Названный характер съемки обеспечивает получение в одном периоде нескольких изображений по одной локации, имеющих различные зоны спектра электромагнитного излучения. Это, в свою очередь, дает возможность использовать для анализа различные вегетационные индексы.

Для обработки информации был взят наиболее значимый и широко используемый вегетационный индекс – индекс NDVI (нормализованный относительный индекс растительности) [9, 10]. Он рассчитывается с помощью формулы

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – отражение в ближнем инфракрасном диапазоне спектра; RED – отражение в красном диапазоне спектра.

Расчет нормализованного относительного индекса растительности ведется на основе результатов съемки в красном и ближнем инфракрасном каналах, количественный диапазон показателя – от 0, где отсутствует вегетация, до 1, где максимальная вегетация. Практика показывает, что

относительный объем биомассы зеленых растений, соответствующий реальной действительности, не превышает индекс величиной 0,95. Для получения информации о состоянии деревьев накладываются координаты отдельно стоящих деревьев на карту нормализованного относительного индекса растительности, после чего формируются данные о степени здоровья каждого отдельно взятого дерева, причем в соответствии с вегетационным периодом.

Нормализованный разностный вегетационный индекс содержит данные о состоянии здоровья растений, полученные благодаря отражательной способности растений реагировать на определенные частоты. Механизм действия формируется так, что одни волны поглощаются, а другие отражаются. Пигментом-индикатором здоровья растений является хлорофилл, который интенсивно поглощает видимый свет, при этом клеточная структура листьев интенсивно отражает ближний инфракрасный свет. Когда объекты растительного мира, в том числе деревья, получили повреждения или болеют, причиной чего могут быть вредители или водный стресс, они склонны поглощать больше света в ближнем инфракрасном диапазоне, хотя для их здоровья требуется его отражение. Данная особенность растений

легла в основу наблюдательного метода исследования их здоровья, так как получение информации об изменении отражательной способности растений в NIR и RED диапазонах, прежде всего, дает полную картину о содержании в них хлорофилла. Далее, это означает возможность дать оценку их здоровью, определить, какова динамика развития растений: позитивная или негативная. Сама по себе динамика индекса вегетации несет в себе сведения о нарушениях в развитии деревьев: внезапное падение значений индекса может означать ухудшение их здоровья в результате засухи, заболачивания, появления вредителей. Для занятых в лесной отрасли это означает команду к проведению дополнительных работ на соответствующих участках лесной зоны.

По указанным причинам технологию расчета нормализованного относительного индекса растительности считают важным и точным методом контроля при условии регулярного обновления снимков. Метод аэрофотосъемки в конечном счете дает возможность производить сравнительную оценку лесохозяйственных предприятий целых областей, а впоследствии качественнее организовывать, планировать лесохозяйственные мероприятия. Насущные проблемы лесного хозяйства решаются во многом благодаря прямой взаимосвязи индекса и продуктивности.

В результате проведения цифровой таксации были получены результаты изображения Рудничного бора в виде цифровых снимков с цветовой индикацией по индексу NDVI, низкое значение которого свидетельствует о болезни деревьев.

Вся совокупность сведений, полученных в результате проведенной аэрофотосъемки, была обработана в специализированном фотограмметрическом программном обеспечении. Конечным результатом стали облако точек, соответствующее набору вершин в трехмерной системе координат, а также непосредственно фотограмметрический план местности, полученный на точной геодезической основе.

Важным показателем, характеризующим наличие ресурса городского леса на территории Кемеровской области, явился объем древостоя. Чтобы рассчитать общее количество деревьев, было применено специальное программное обеспечение, позволяющее исследовать с помощью технологии «машинное зрение». Характер рисунка, предоставляющий информацию о совокупности точек кроны, стал основой

расчета количества отдельно стоящих деревьев. Точность определения их количества может быть осложнена фактором смыкания крон отдельно стоящих деревьев или раздвоения крон одного дерева. В результате показатель точности вычисления общей массы отдельно стоящих деревьев составил 93%. Данные сведения были получены на участке площадью 5500 м² путем сравнения информации о количестве отдельно стоящих деревьев, произведенной с помощью машинного зрения, и глазомерно с последующей экстраполяцией на всю площадь Рудничного бора.

В результате проведенного эксперимента было установлено, что объем лесного массива в Рудничном бору составляет 255799 ед. Изображение на снимках участка отдельно стоящих деревьев дало возможность определить координаты и высоту каждого дерева. Совокупность сведений, полученных при посредстве обработки снимков мультиспектральной съемки, расчета нормализованного относительного индекса растительности и разработки данных об объеме древостоя дает возможность отобразить итоговый результат в виде построения таблицы с индивидуальной информацией по каждому дереву с отражением его ширины, долготы, высоты, площади проекции кроны и Индекс NDVI проекции кроны.

Заключение

Выводы работы совпадают с оценкой результатов исследования, реализованного Кемеровским государственным университетом. Значимым итогом выполненных работ является, во-первых, составление точного ортофотоплана с разрешением 3,18 см/пикс; во-вторых, формирование изображения плотного облака точек исследуемого участка; в-третьих, вычисление количества всех отдельно стоящих деревьев со сбором информации об их точных координатах, высотой и нормализованным относительным индексом растительности (NDVI).

В результате проведенных работ были выявлены недостатки используемого метода. В частности, оказалось, что невозможно составить полную картину о количестве отдельно стоящих деревьев по облаку точек, так как выпадают из поля зрения деревья высотой ниже 2 м и подлесок. Кроме того, присутствует погрешность в определении точности координат вершины дерева, поскольку в соответствии с программой координаты центра соответствовали наивыс-

шей точке кроны, а нужно было исходить из фактического центра окружности кроны дерева. Однако, несмотря на незначительные погрешности, можно сделать вывод о целесообразности применения практики цифровой таксации леса в народном хозяйстве как нового, эффективного, быстрого (в сравнении с традиционными методами) метода таксации.

Список литературы

1. Никитина Е., Пожилова Н. Международный механизм компенсации климатических потерь и ущерба: новации // *Мировая экономика и международные отношения*. 2023. Т. 67, № 10. С. 62–70.
2. Берендеева А.Б., Елизарова А.А. Цифровизация управления: региональный и муниципальный уровни // *Современные наукоемкие технологии*. 2022. № 3. С. 6–17.
3. Щербакова Л.Н. Структурные деформации как компонент инновационного развития // *ЭКО*. 2019. № 2 (536). С. 22–35.
4. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования / Пер. с англ. М.: Академия, 2004. 788 с.
5. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура: пер. с англ. / Под ред. О.И. Шкаратана. М.: ГУ ВШЭ, 2000. 608 с.
6. Богданов Е.Н. К инженерно-геологическим изысканиям // *Изыскательский вестник*. 2014. № 2 (19). С. 19–24.
7. Терентьева В.Д. Возможности и угрозы для потенциала ЛПК РФ в условиях экономической блокады // *Экономика и предпринимательство*. 2021. № 12 (137). С. 525–529.
8. Беспалова В.В. История изменений в экономической оценке лесных ресурсов для финансирования лесного хозяйства Российской Федерации // *Лесоведение*. 2022. № 2. С. 213–224.
9. Вагизов М.Р. Применение интерактивного картографического сервиса для расчета количества деревьев программно-техническим методом // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 3. С. 50–58.
10. Князева С.В., Никитина А.Д., Белова Е.И. и др. Методические подходы к оценке характеристики лесов по данным спутниковой съемки сверхвысокого пространственного разрешения в оптическом диапазоне // *Лесоведение*. 2021. № 6. С. 645–672.

СТАТЬИ

УДК 911.5/.9
DOI

**ИЗ ИСТОРИИ ОСВОЕНИЯ СЕВЕРНОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЗОНЫ
ОМСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОДЫ XX СТОЛЕТИЯ**

Азарова Л.В.

*ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», Омск,
e-mail: milazar55@yandex.ru*

Статья посвящена определению места северной (лесной) сельскохозяйственной зоны Омской области и ее муниципальных районов в предложенной впервые автором географической систематизации. Осуществлена географическая классификация муниципальных районов области и исследуемой сельскохозяйственной зоны по степени сельскохозяйственного освоения территории за XX столетие. Проведенные расчеты и анализ полученных статистических результатов позволили определить положение северной сельскохозяйственной зоны и ее районов в иерархии по степени сельскохозяйственного освоения территории. Автором были проведены расчеты для разных временных отрезков XX в. Был использован показатель – уровень сельскохозяйственной освоенности территории, который отражает удельный вес сельскохозяйственных угодий в земельном фонде территории, или субъекта Российской Федерации, или сельскохозяйственной зоны, или муниципального (сельского) района. Установлены основные изменения, произошедшие в муниципальных районах северной сельскохозяйственной зоны региона по данному показателю, и причины, приведшие к этим изменениям. Географическая классификация с использованием количественного показателя позволила оценить местоположение северной сельскохозяйственной зоны в классификации муниципальных районов территории области. В ранних работах автора были отражены методические подходы к данному виду географической систематизации исследуемых территорий.

Ключевые слова: Омская область, Западная Сибирь, уровень сельскохозяйственной освоенности и степень сельскохозяйственного освоения территории, северная сельскохозяйственная зона, качественная и количественная оценка земель

**FROM THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT
OF THE NORTHERN AGRICULTURAL ZONE
OF THE OMSK REGION DURING THE TWENTIETH CENTURY**

Azarova L.V.

Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: milazar55@yandex.ru

The article is devoted to determining the place of the northern (forest) agricultural zone of the Omsk region and its municipal districts in the geographical systematization proposed for the first time by the author. A geographical classification of the municipal districts of the region and the agricultural zone under study was carried out according to the degree of agricultural development of the territory during the twentieth century. The calculations and analysis of the obtained statistical results made it possible to determine the position of the northern agricultural zone and its regions in the hierarchy according to the degree of agricultural development of the territory. The author carried out calculations for different periods of the twentieth century. An indicator was used - the level of agricultural development of the territory, which reflects the share of agricultural land in the land fund of the territory, or a subject of the Russian Federation, or an agricultural zone, or a municipal (rural) region. The main changes that occurred in the municipal areas of the northern agricultural zone of the region in terms of this indicator, and the reasons that led to these changes, have been established. Geographical classification, using a quantitative indicator, made it possible to assess the location of the northern agricultural zone in the classification of municipal districts of the region. The author's early works reflected methodological approaches to this type of geographical systematization of the study areas.

Keywords: Omsk region, Western Siberia, northern agricultural zone, the level of agricultural development and the degree of agricultural development of the territory, qualitative and quantitative assessment of land

Освоение Омской области начиналось с освоения земельных угодий, образования сельских поселений вокруг них и с использования естественных, создания транспортных сетей. С образованием Омской крепости (1716 г.) начинается освоение и земельных ресурсов. Однако темпы их освоения в разное время были различны. Наиболее высокие темпы роста вовлечения в хозяйственную деятельность земельных угодий наблюдаются в XX в. Постепенно повышается доля сельскохозяйственных угодий

от общей площади территории региона. Этот показатель определяет уровень сельскохозяйственной освоенности территории. В свою очередь, он определяет степень сельскохозяйственной освоенности территории области в целом и отдельных ее элементов – муниципальных районов.

К 2000 г. почти половина всей территории Омской области освоена сельскохозяйственным производством, уровень сельскохозяйственной освоенности территории (СХОТ) составляет 47,6% (на 2000 г.) [1, с. 46].

Площадь сельскохозяйственных угодий, ее удельный вес от общей площади земельных угодий меняется, что влияет на развитие отраслей сельского хозяйства региона. Во все периоды развития хозяйственного комплекса региона сельское хозяйство стало ведущей отраслью. В экспортно-специализированном подкомплексе продукция отрасли занимает видное место в географическом разделении труда. А уровень развития сельского хозяйства зависит от уровня развития растениеводства. Удельный вес растениеводства в объеме продукции сельского хозяйства Омской области составляет 62,5% (2021), что составляет 1,8% (2021) от продукции растениеводства Российской Федерации, 16,8% (2021) – Сибирского федерального округа. С 2000 по 2020 г. Омская область в России по производству зерна (в весе после доработки) занимает 17-е место, соответственно в СФО – 2-е место; по производству картофеля в РФ – 28-е, в СФО – 6-е; по производству овощей в РФ – 30-е, в СФО – 4-е [2, с. 11, 29].

Увеличение сельскохозяйственных угодий в XX в. обусловлено факторами, влияющими на изменение этого процесса, они различны. Это автор данной статьи подробно осветил в ранее изданных работах, где проанализированы события, связанные с освоением земельных угодий сельскохозяйственных зон (СХЗ) региона: степной и лесостепной [3; 4, с. 13–55].

Цель исследования – определить место муниципальных районов северной СХЗ в разные временные периоды прошлого столетия в классификации по уровню сельскохозяйственной освоенности территории на базе расчетов, проведенных автором.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются земельные угодья северной СХЗ Омской области. Используя методы математического и географического анализа: статистического и сравнительно-географического – автор

выявляет основные перемены, связанные с процессом сельскохозяйственной освоенности территории Омского региона. Изменения, связанные с изменением общественного строя (1917 г.), Гражданской войной (1918–1920 гг.), разрушительными процессами в годы Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.). Перемены были связаны с радикальными изменениями аграрных порядков в периоды Столыпинской реформы (1906–1912 гг.), социалистических преобразований 1917–1918 гг., коллективизацией (1929–1932 гг.), освоения целинных земель (1950–1960-е гг.) и аграрными реформами 1990-х гг. привели к изменениям в сельском хозяйстве и к новым отношениям собственности [4–6].

На развитие сельскохозяйственного производства влияют не только качественное состояние земельного фонда, но и его количественное состояние. Как видно из анализа данных табл. 1, продолжается процесс сокращения сельскохозяйственных земель Омской области. Тенденция к сокращению уровня СХОТ происходила наибольшими темпами в постперестроечный период. К концу 1990-х гг. почти на 20% сократились земли сельскохозяйственного назначения. Основной и главной причиной стало вхождение России в рыночные отношения и изменение ее экономического развития и ее субъектов. В 1935 г. уровень сельскохозяйственной освоенности территории самый низкий.

Исследования 1990-х гг. посвящены в основном анализу изменения структуры сельскохозяйственных угодий и посевных площадей Омской области в целом, изменения почвенной структуры земельных ресурсов, оценке природно-климатических условий, характеристике севооборота по сельскохозяйственным зонам области [8]. В этот период нет статей, которые бы исследовали вопросы географической систематизации территорий муниципальных районов Омской области и др. территорий России.

Таблица 1

Уровень сельскохозяйственной освоенности территории Омской области, %

	1935	1960	1970	1980	1997	2000
Уровень сельскохозяйственной освоенности территории Омской области	0,1*	67.2	67,5	67,8	47,7	47.6

Примечание: *общая площадь Омской области включает площади 67 административных сельских районов от берегов Карского моря до Казахского мелкосопочника, включая территорию современных муниципальных районов Омской, Тюменской областей; составлено по данным [6, с. 30–35; 7, с. 196–197].

Так, за 2020–2023 гг. нет ни одной научной работы в научно-практическом журнале «Вестник Омского государственного аграрного университета», отражающей общее земледелие в Омском регионе. Есть исследования, посвященные или особенностям реализации инвестирования в поддержку землепользования в Омской области, или землепользования в степной сельскохозяйственной зоне: Епанчинцев В.Ю. (2022), Щерба В.Н. (2022) [9; 10].

Только в 2010–2020-х гг. встречаются работы, отражающие изменение площади сельскохозяйственных угодий в других субъектах Российской Федерации, но они охватывают непродолжительный исторический период и, как правило, посвящены изменениям субъекта в целом, но нет работ на уровне их составляющих административных единиц [11–13].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование освоения территории муниципальных районов Омской области в разные временные периоды позволило автору провести расчеты уровня сельскохозяйственной освоенности территорий (СХОТ) муниципальных районов северной СХЗ и определить место в иерархии географической систематизации. Первые расчеты показателей в северной СХЗ были проведены в начале 2020-х гг. за период последних двух десятилетий [4, с. 33]. Было отмечено, что за этот период произошли незначительные изменения уровня СХОТ. Но, исследуя XX в., видно, что произошли значительные изменения в освоении земельных ресурсов данной зоны. Автор использовал архивные данные, данные аналитических записок и статистических сборников, научные исследовательские работы историков и географов. В этих изданиях нет полного анализа процесса сельскохозяйственного освоения региона в целом и его административно-

территориальных единиц в пределах сельскохозяйственных зон, а в статистических справочниках не всегда представлена структура земельных угодий на уровне районов.

На основе проведенных автором расчетов и анализа полученных статистических данных проведена географическая систематизация, классификация по показателю – уровню сельскохозяйственной освоенности территории муниципальных районов Муниципальные районы северной лесной сельскохозяйственной зоны по данной классификации входят в группу с низкой степенью СХОТ (менее 40% уровень сельскохозяйственной освоенности территории) [4]. На всем протяжении XX в. муниципальные районы северной СХЗ остаются в этой группе.

Однако уровень СХОТ в муниципальных районах северной СХЗ изменялся на протяжении всего исследуемого периода. В разные исторические периоды показатель уровня СХОТ либо увеличивался, либо уменьшался. Обусловлено это изменение с природно-экономическими, историческими процессами, происходящими в СССР, западносибирском регионе и Омской области. К сожалению, невозможно проследить динамику изменения этого показателя через равные временные отрезки из-за отсутствия статистических данных по структуре земельного фонда в первой половине и в 1940–1980-х гг. Данные по муниципальным (сельским) районам представлены выборочно, по некоторым отдельным годам столетия. Поэтому проследим изменение экономических показателей в отдельные годы.

Из табл. 2 видно, что в середине 1930-х гг. наибольший уровень СХОТ в Тарском, Большеуковском и Седельниковском районах. Это обусловлено историческими факторами, направлением линии заселения и освоения территории региона, которое происходило с севера-запада на юго-восток по долине р. Иртыш.

Таблица 2

Изменение уровня сельскохозяйственной освоенности территории муниципальных районов северной лесной сельскохозяйственной зоны Омской области за период с 1935 по 2000 г., %

Годы	Муниципальные районы					
	Большеуковский	Знаменский	Седельниковский1	Тарский	Тевризский	Усть-Ишимский
1935	19,9	7,5	18,7	36,8	4,04	7,99
2005	14,9	21,85	17,31	10,98	7,89	8,21

Примечание: составлено по данным [4, с. 33; 7, с. 196–197].

Первые населенные пункты были образованы вдоль русла р. Иртыш и ее притоков вдоль их нижнего течения. Территориальная структура хозяйственного освоения территории представляла в этот период линейно-узловую структуру. Населенные пункты образовывались вдоль линии водных транспортных путей. С продвижением вглубь от водных артерий число поселений сокращалось или отсутствовало. А сельскохозяйственное освоение территории осуществлялось вокруг образованных поселений. Наибольший показатель уровня СХОТ (1935 г.) наблюдается в Тарском районе. На этой территории образован был первый населенный пункт Омской области – город Тара (1594 г.).

Общая площадь сельскохозяйственных угодий в районах зоны в последующие годы остается неизменной, СХОТ районов северной зоны по-прежнему самая низкая. Снижение уровня СХОТ в этих районах в последующие годы объясняется изъятием значительной части сельхозугодий в связи расширением поселений и инфраструктуры. Уровень СХОТ северной лесной зоны к концу 1990-х гг. и началу XXI в. составлял 14,8% (по области – 53, 8%) [14, с. 2]. Сравнивая данные только двух периодов, видно, что показатель остается практически на уровне среднего показателя предыдущего периода – 1935 г. в связи с высокой заболоченностью большей части территории, а также лесов и земель, находящихся под водой.

Как видно из табл. 3, СХОТ Омской области на протяжении всего периода исследования остается практически на одном уровне, а в северной СХЗ этот уровень к концу составлял чуть более 12%, из которых большая доля приходится на залежи, кормовые угодья и многолетние насаждения.

В связи с освоением целины в 1950–1960-х гг. произошли значительные изменения в структуре сельскохозяйственных угодий Омской области. Анализируя данные табл. 4 и 5, можно отметить тенденцию увеличения в предвоенный период посевных площадей и их сокращения в годы Великой Отечественной войны и в постперестроенный период. Но в послевоенный период во всех муниципальных районах северной СХЗ значительно увеличиваются площади посевных площадей (табл. 5).

Следует заметить, что уровень обеспеченности сельскохозяйственными и посевными площадями в Омской области резко уменьшился к 1945 г. в связи с тем, что площадь региона сократилась в 1944 г., с изменением административного устройства и границ Омской области она приобрела практически современные очертания. В Омской области в настоящее время 32 муниципальных района (к 1944 г. их было 67). В конце 1980-х – 1990-х гг. на фоне общего спада экономики России, в том числе Омской области, экономика аграрного сектора региона находится как бы в состоянии переходности, когда прежние экономические механизмы уже не действуют, а новые еще не созданы.

Таблица 3

Изменение удельного веса сельскохозяйственных угодий от общей земельной площади Омской области во второй половине XX в. (в хозяйствах всех категорий на 1 января года, %)

	1940	1960	1970	1980	1985	2000
Общая земельная площадь (100%)	100	100	100	100	100	100
Сельскохозяйственные угодья	66,5	67,8	67,6	67,8	67,8	47,6

Примечание: составлено по данным [15, с. 56–57].

Таблица 4

Изменение площади посевных в Омской области в XX в. (в хозяйствах всех категорий, тыс. га)

Показатели \ Годы	1936	1940	1941	1945	1950	1980	1990	2000
Посевная площадь	1769,4	2216,1	2269,8	17705,5	2374,9	3821,4	3745,0	2954,0

Примечание: составлено по данным [1, с. 123; 16, с. 35–87, 136].

Таблица 5

Изменение площади посевных в северной сельскохозяйственной зоне Омской области в XX в. (в хозяйствах всех категорий, тыс. га)

Годы	Муниципальные районы					
	Большеуковский	Знаменский	Седельниковский ¹	Тарский	Тевризский	Усть-Ишимский
1958	33,4	25,4	46,6	84,0	24,3	27,0
1960	35,3	26,7	51,6	94,4	23,9	26,2
1965	33,3	26,0	51,9	87,6	27,7	28,1
1985	38,0	28,7	53,5	88,5	34,6	30,2
2005	10,9	15,0	30,7	45,4	14,4	10,4

Примечание: составлено по данным [17, с. 67; 18, с. 47; 19, с. 20].

На общем фоне спада сельскохозяйственного производства в регионе происходит уменьшение сельскохозяйственных угодий и пахотных земель в целом в регионе и особенно в северной сельскохозяйственной зоне. Исходя из данных табл. 5, можно отметить эту тенденцию для всех районов. Самые высокие темпы снижения посевных площадей отмечаются в Большеуковском, Усть-Ишимском и Тевризском районах. Автор предполагает, что это обусловлено резким сокращением трудовых ресурсов (отток населения происходил в областной центр и за пределы региона), а также уровнем развития сельскохозяйственного производства. Изменение этого показателя, который позволяет провести систематизацию районов области, более подробно отражено в другой статье автора. Но в целом данный подход позволил автору провести типологию муниципальных районов по сельскохозяйственному освоению и уровню развития сельского хозяйства Омской области, включающий и исследуемый показатель.

Выводы

1. В 1930–1990-х гг. северная (лесная) сельскохозяйственная зона Омской области постоянно расположена в классе (группе) с низкой степенью сельскохозяйственного освоения земельных угодий исследуемой территории.

2. Однако уровень сельскохозяйственной освоенности территории северной сельскохозяйственной зоны и ее муниципальных районов то увеличивался, то уменьшался в разные исторические периоды. Существуют возможности увеличения этого показателя в настоящее время, но природно-климатические условия и др. причины не позволяют реализовать это. Изменение

уровня развития муниципальных районов также предполагает изменение данного показателя освоенности этих территорий.

3. Учитывая тенденции изменения процессов, происходивших в XX в. при использовании земельных угодий в сельскохозяйственном производстве, требуют особого внимания муниципальные районы, где количественные показатели еще не достигали максимальной величины и в последующие годы столетия значительно уменьшались. Эти процессы обуславливают тенденции в развитии сельскохозяйственного производства в целом и отдельных ее отраслей.

4. Проведенная автором географическая систематизация муниципальных районов по уровню сельскохозяйственного освоения муниципальных районов позволяет определить дальнейшую стратегию экономического развития сельскохозяйственной зоны. Данные исследования позволяют провести дальнейшую географическую систематизацию по экономическим показателям, характеризующим уровень и темпы развития территории в целом Омской области и ее сельскохозяйственных зон.

Список литературы

1. Статистический ежегодник Омской области: Стат. сб. в 2 ч. Ч. 1 / Омскстат. Омск, 2022. 225 с.
2. Растениеводство Омской области: Стат. сб. / Омскстат. Омск, 2023. 153 с.
3. Азарова Л.В. Влияние историко-географических факторов на развитие хозяйства Российской империи и освоение территории Омского Прииртышья на рубеже тысячелетий // Общественные науки в современном мире: социология, политология, философия, история: материалы международной заочной научно-практической конференции (16 ноября 2011 г.). Новосибирск: Априори, 2011. С. 135–142.
4. Азарова Л.В., Александрова И.Н., Бобкова Н.П., Бирич Н.Ю., Воробьев В.В., Есмурзаева Ж.Б., Кирьяш О.А., Костюк Д.Ю., Кужбанова Г.Т., Новиков М.С. Основные тенденции социально-экономического развития северной лесной сельскохозяйственной зоны // Новейшая история со-

циально-экономического и политического развития районов Омской области. Северная лесная зона: монография / Под общ. ред. докт. ист. наук, проф. Новикова С.В. Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2018. 420 с.

5. Петриков А.В., Галас М.Л. Сельское хозяйство России в XX веке // Россия в окружающем мире: 2001 (Аналитический ежегодник) / отв. ред. Н.Н. Марфенин; под общ. ред.: В.И. Данилова-Данильяна, С.А. Степанова. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. С. 52–79.

6. Азарова Л.В. Из истории освоения юга Западной Сибири в период с середины 30-х годов XX до начала XXI столетия: на примере Омской области // Успехи современного естествознания 2022. № 3. С. 30–35.

7. Районы Омской области. Статистический справочник. Омск: Омское областное государственное издательство, 1936. 735 с.

8. Система адаптивного земледелия Омской области. ФГБНУ «Омский АНЦ». Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. 522 с.

9. Епанчинцев В.Ю. Масштабные инвестиционные проекты как инструмент государственной поддержки эффективного землепользования в Омской области // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 12-1. С. 65–71.

10. Щерба В.Н., Долматова О.Н. Оценка состояния и перспективы развития системы землепользования южной лесостепи Омской области // Московский экономический журнал. 2022. № 5. С. 107–122.

11. Жижин С.М., Залесов С.В., Магасумова А.Г. Изменение площади сельскохозяйственных угодий по лесным районам в Республике Удмуртия // Успехи современного естествознания. 2021. № 2. С. 12–17.

12. Челнокова В.В., Карташова А.П. Оценка земельной ресурсообеспеченности агропромышленного комплекса Мурманской области // АПК: Экономика, управление. 2021. № 12. С. 86–93.

13. Черкашин К.И. Землеустройство особо ценных продуктивных сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации: дис. ... канд. сельхоз. наук. Москва, 2016. 198 с.

14. Доклад о состоянии и использовании земель в Омской области в 2019 году / Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. Омск, 2020. 98 с.

15. Омский областной статистический ежегодник: Стат. сб. в 2 ч. Ч. II / Омкстат. Омск, 2010. 410 с.

16. Экономика Омской области накануне, во время и после Великой Отечественной войны 1941–1945 годов. Информационно-статистический сборник / Омкстат. Омск, 2015. 166 с.

17. Народное хозяйство Омской области. Статистический сборник. Омск: Статистика, 1967. 276 с.

18. Народное хозяйство Омской области в одиннадцатой пятилетке. Статистический сборник. Омск: Омское книжное издательство, 1986. 152 с.

19. Растениеводство Омской области. Стат. сб. / Омкстат. Омск, 2007. 75 с.

УДК 556.114
DOI

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТАЛДУРА (ЮЖНО-ЧУЙСКИЙ ХРЕБЕТ, АЛТАЙ)

**Банцев Д.В., Овсепян А.А., Каспин М.О.,
Бакшеева Т.В., Горбунова Ю.А., Чебыкина Е.П.**

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург,
e-mail: annahit2002@mail.ru*

В статье приведены результаты изотопного анализа (определение относительных концентраций стабильных изотопов кислород-18 и водород-2 в воде) состава атмосферных осадков на территории Южно-Чуйского хребта (Центральный Алтай) в летний период 2023 г. Были определены средневзвешенные значения изотопного состава осадков на разных высотных уровнях. Высотный эффект уменьшения изотопного состава наблюдался для отдельных событий осадков, но по средневзвешенным значениям данный эффект не выражен, что может быть связано с формированием осадков на едином уровне конденсации. Предположительно из-за особенностей локальной циркуляции в долине р. Талдура наблюдаются признаки обратного высотного эффекта. По полученным значениям изотопного состава атмосферных осадков была построена локальная линия метеорных вод (ЛЛМВ), которая имеет вид $\delta^2\text{H} = 7,51 \delta^{18}\text{O} + 4,13$. Полученные изотопные характеристики сравнивались с модельными данными IsoMAP, представленными в открытом доступе. Сравнение показало, что модельные значения в целом хорошо соотносятся с изотопным составом летних событийных осадков, полученным в результате данного исследования. Таким образом, данные IsoMAP можно использовать для предварительной оценки факторов формирования стока рек Центрального Алтая в дальнейших изотопно-гидрологических работах.

Ключевые слова: атмосферные осадки, Алтай, стабильные изотопы, изотопный состав

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 23-27-00173 «Оценка вклада различных источников питания в сток ледниковых рек Юго-Восточного Алтая по данным изотопных индикаторов».

ISOTOPIC COMPOSITION OF PRECIPITATION IN THE TALDURA RIVER BASIN (THE SOUTH CHUYA RIDGE, ALTAI)

**Bantsev D.V., Ovsepyan A.A., Kaspin M.O.,
Baksheeva T.V., Gorbunova Yu.A., Chebykina E.P.**

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, e-mail: annahit2002@mail.ru

The article presents the results of isotope analysis (determination of the relative concentrations of stable isotopes oxygen 18 and hydrogen 2 in water) of precipitation in the South Chuya Ridge (Central Altai) in the summer of 2023. Weighted average values of the isotopic composition of precipitation at different altitude levels were determined. The altitudinal effect of a decrease in isotopic composition was observed for individual precipitation events, but according to the weighted average values, this effect is not pronounced, which may be due to the formation of precipitation at a single condensation level. Presumably, due to the peculiarities of local circulation in the valley of the Taldura River, signs of a reverse altitude effect are observed. Based on the obtained values of the isotopic composition of precipitation, a local meteoric water line (LMWL) was constructed, which has the form $\delta^2\text{H} = 7.51 \delta^{18}\text{O} + 4.13$. The obtained isotopic characteristics were compared with IsoMAP model data presented in the public domain. The comparison showed that the model values generally correlate well with the isotopic compositions of summer event precipitation obtained as a result of this study. Thus, the IsoMAP data can be used for a preliminary assessment of the factors responsible for the formation of river runoff in Central Altai in further isotope-hydrological researches.

Keywords: precipitation, Altai, stable isotopes, isotopic composition

The work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, project No. 23-27-00173 "Assessment of the contribution of various food sources to the runoff of glacial rivers of South-Eastern Altai according to isotope indicator data".

Исследования содержания стабильных изотопов кислорода и дейтерия в воде являются одним из передовых направлений в науках о Земле. Данные об изотопном составе атмосферных осадков позволяют получить информацию об условиях формирования стока, а также оценить вклад осадков в питание различных гидрологических объектов.

Помимо анализа ледяных кернов, изотопными исследованиями территория Ал-

тая затронута недостаточно. Изотопный состав событийных осадков определялся в предгорьях Алтая и на территории Северо-Чуйского хребта [1–3].

Непосредственно на территории Южно-Чуйского хребта изотопных исследований атмосферных осадков не было, что подтверждает нехватку информации в данном районе и необходимость проведения работ.

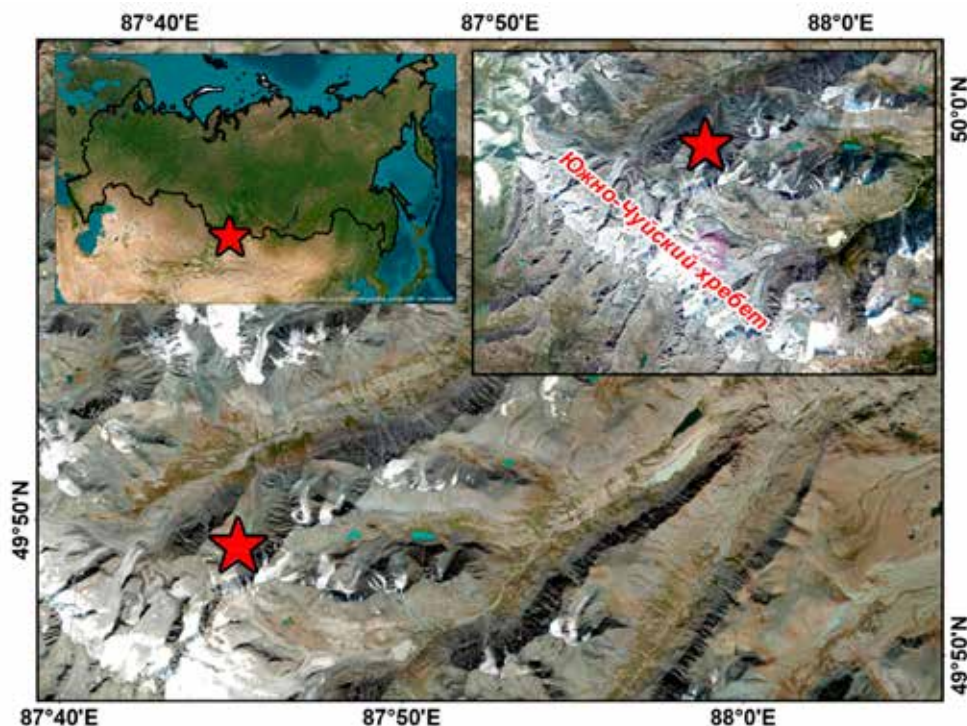


Рис. 1. Географическое положение района исследования

В основе исследования лежит получение парных изотопных характеристик ($\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$) событийных осадков в долине р. Талдура, отобранных при полевых работах в июле – августе 2023 г. Целью работы являлась оценка изменения изотопного состава летних событийных осадков в бассейне реки Талдура на разных высотных уровнях, а также сравнение полученных полевых данных с модельными данными IsoMAP с портала OIPС [4–6].

Южно-Чуйский хребет (рис. 1) находится в юго-восточной части Центрального Алтая и простирается на 120 км с запада на восток. Средние высоты хребта варьируются в пределах 3400–3800 м, наивысшей точкой является гора Ирбисту, расположенная на высоте 3967 м [7].

Для территории характерен криоаридный климат. В высокогорных районах наблюдается отрицательная среднегодовая температура (-6 – -7°C). Средняя температура самого теплого месяца (июля) в высокогорных районах составляет 6 – 10°C . Самым холодным месяцем является январь. Переход температуры через 0°C в высокогорье весной в среднем происходит в конце мая, а осенью – в сентябре. Годовое количество осадков в Центральном Алтае составляет 400 – 600 мм. С апреля по октябрь выпадает 70 – 85% от годовой суммы осадков. Месяч-

ный максимум наблюдается обычно в июне-июле [8].

Экспедиционные работы проводились в долине р. Талдура, где объектом исследования являлись осадки, выпадающие в бассейне данной реки.

Материалы и методы исследования

Пробы событийных осадков на изотопный анализ отобраны в долине р. Талдура в период с 5 июля 2023 г. по 4 августа 2023 г. Всего было организовано 4 пункта сбора: 2 в верхнем и нижнем течении р. Талдура и 2 – в долине ледника Некрасова. В последнем пробы были получены в двух местах: непосредственно с ледника Некрасова и на морене в 1 км от его края (рис. 2).

Период наблюдений в пунктах сбора проб, их высота и количество проб показаны в табл. 1.

Образцы отбирались из портативного осадкомера в герметичные пробирки емкостью 50 мл. Отбор осадков происходил по срокам: в 8, 12, 16 и 20 ч. Поскольку испарение искажает изотопный состав воды, при хранении и транспортировке проб было важно его минимизировать, в связи с чем все пробы герметизировались специальной пленкой PARAFILM, а в лабораториях хранились в замороженном виде.

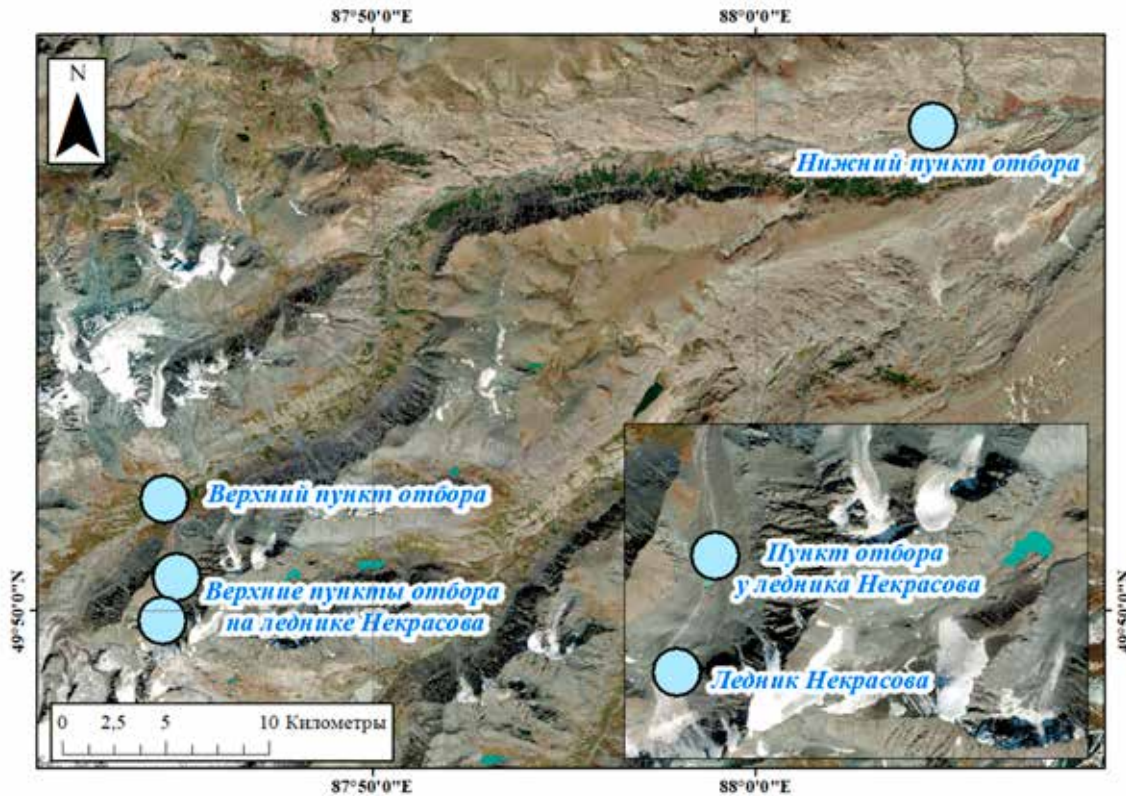


Рис. 2. Расположение пунктов отбора осадков

Таблица 1

Период отбора проб и высота для пунктов проведения экспедиционных исследований

Пункт	Высота, м	Период	Число проб	Сумма осадков, мм
Верхний пункт отбора р. Талдура	2456	08.07.2023 – 04.08.2023	17	33
Нижний пункт отбора р. Талдура	1908	10.07.2023 – 23.07.2023	7	21
Пункт отбора у ледника Некрасова	2770	10.07.2023 – 04.08.2023	8	47
Пункт отбора на леднике Некрасова	2995	16.07.2023 – 04.08.2023	6	45

Чтобы выразить изотопный состав образца относительно VSMOW-2, использовалась формула

$$\delta = \frac{R_{обр} + R_{ст}}{R_{ст}} \cdot 1000, \quad (1)$$

где δ – относительное содержание ($\delta^{18}O$, δ^2H); $R_{обр}$ – абсолютная концентрация ^{18}O и 2H в образце;

$R_{ст}$ – абсолютная концентрация ^{18}O и 2H в стандарте.

По формуле (2) для каждой пробы рассчитывался d-excess для оценки сохранности образца. Близкие к нулю или отри-

цательные значения d-excess показывают влияние испарения на изотопный состав и, следовательно, служат маркером испорченности образца.

$$d\text{-excess} = \delta^2H - 8 \delta^{18}O. \quad (2)$$

Всего для характеристики изотопного состава атмосферных осадков было отобрано 38 проб. Из общего количества в работе рассматриваются 29 проб, поскольку у 9 отрицательный или близкий к 0 d-excess. Как правило, низкие значения d-excess наблюдались в пробах, когда количество осадков было меньше 1–2 мм и такое незначительное количество воды в осадкомере подвер-

галось испарению, что сильно искажало изотопный состав пробы.

Анализ парных изотопных характеристик производился в Лаборатории изменения климата и окружающей среды ААНИИ на газовых анализаторах Picarro L2130-i и Picarro L2140-i. За стандарт бралась дистиллированная водопроводная вода Санкт-Петербурга со следующими характеристиками относительно «V-SMOW2»: $-9,79\%$ по $\delta^{18}\text{O}$ и $-75,47\%$ по δD относительно стандарта МАГАТЭ «V-SMOW2». Точность измерений составляет $0,05\%$ для $\delta^{18}\text{O}$ и $0,5\%$ для $\delta^2\text{H}$.

Для определения условий образования осадков используют глобальную (ГЛМВ) и локальную линию метеорных вод (ЛЛМВ). ГЛМВ представляет собой уравнение, характеризующее взаимоотношения между $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ для всех осадков, а ЛЛМВ – для осадков в определенном районе [9].

Уравнение строится на линейной зависимости содержания дейтерия и кислорода-18 и имеет следующий вид:

$$\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10.$$

Поскольку данных об изотопном составе атмосферных осадков крайне недостаточно, информацию об изменении $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в осадках можно также получить с помощью косвенных методов, одним из которых является интерполирование данных IsoMAP, основанных на метеостанциях сети GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation). Использование связанного с данной сетью онлайн-калькулятора OPIC позволяет определить ежемесячные и годовые значения изотопного состава атмосферных осадков для различных территорий [4–6]. Поэтому с помощью географических координат и высот для каждого пункта были рассчитаны значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD за июль.

Для наибольшей точности расчетов в работе использовалось средневзвешенное по количеству осадков значение $\delta^{18}\text{O}$ проб

по каждому пункту отбора, получаемое из следующей формулы:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot f_i}{\sum f_i},$$

где x_i – значение изотопного состава, f_i – вес пробы.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 представлены средние значения $\delta^{18}\text{O}$ по данным полевых исследований в долине р. Талдура за 2023 г.

Данные $\delta^{18}\text{O}$, полученные по результатам отбора проб осадков, изменяются от $8,3\%$ до $10,4\%$. Средневзвешенный изотопный состав $\delta^{18}\text{O}$ для всех пунктов составляет $9,5\%$. Наиболее изотопно легкими являются осадки нижнего пункта отбора р. Талдура, наиболее изотопно тяжелыми – осадки верхнего пункта отбора р. Талдура.

По результатам изотопного анализа обильнейших летних осадков можно сделать несколько выводов. Во-первых, в летних осадках 2023 г. в долине р. Талдура не выражен высотный эффект изменения изотопного состава осадков: уменьшение значений $\delta^{18}\text{O}$ с увеличением высоты не наблюдается. Отсутствие высотного эффекта можно объяснить выпадением осадков из единого уровня конденсации при отсутствии подъема воздушной массы вверх по долине или склонам. Во-вторых, признаки обратного высотного эффекта (наименьшие значения $\delta^{18}\text{O}$ на нижнем гидрологическом посту), возможно, связаны с различными источниками влаги и турбулентным перемешиванием воздушных масс на орографических барьерах [10].

При том, что средневзвешенный изотопный состав на леднике Некрасова тяжелее, чем на 225 м ниже (пункт отбора у ледника Некрасова), если рассматривать отдельные события осадков на этих двух пунктах отбора (табл. 3), то в некоторые дни высотный эффект наблюдался.

Таблица 2

Средние изотопные характеристики по группам проб

	Диапазон значений $\delta^{18}\text{O}$, ‰	Среднее $\delta^{18}\text{O}$, ‰	Число проб
Верхний пункт отбора р. Талдура	$-6,0 \div -12,8$	$-8,3$	10
Нижний пункт отбора р. Талдура	$-6,7 \div -12,2$	$-10,4$	5
Пункт отбора у ледника Некрасова	$-4,3 \div -13,6$	$-9,8$	8
Пункт отбора на леднике Некрасова	$-5,4 \div -14,1$	$-9,3$	6

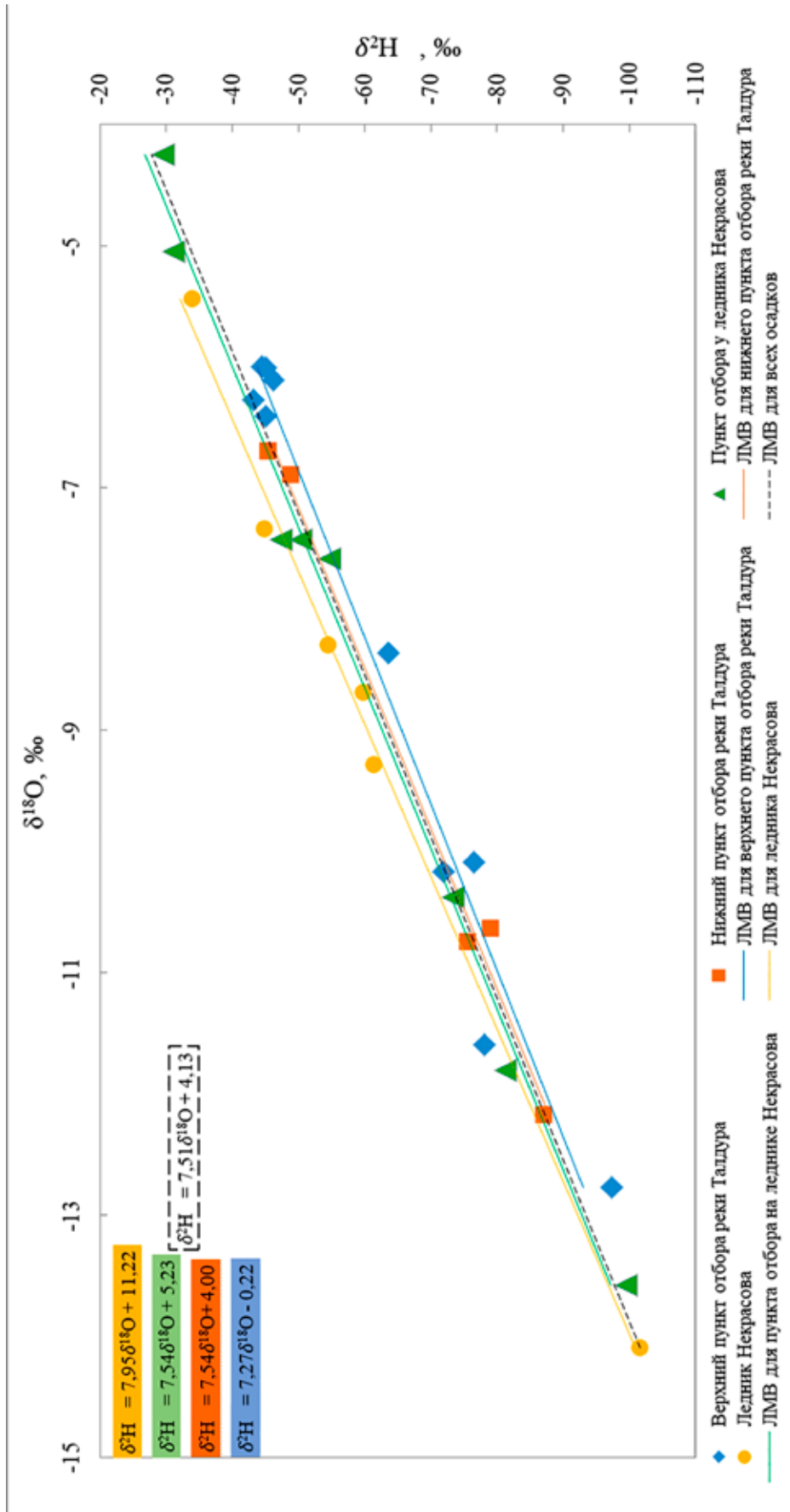


Рис. 3. Зависимость между относительной концентрацией $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в каждом пункте

Таблица 3

$\delta^{18}\text{O}$ общих событий осадков на леднике Некрасова и около его края

Дата отбора пробы	Значение $\delta^{18}\text{O}$ в ‰ в пункте отбора у ледника Некрасова (2770 м)	Дата отбора пробы	Значение $\delta^{18}\text{O}$ в ‰ на леднике Некрасова (2995 м)
16.07.2023	-5,05	16.07.2023	-5,44
22.07.2023	-7,42	23.07.2023	-8,30
29.07.2023	-7,43	29.07.2023	-7,34
29.07.2023	-13,58	30.07.2023	-14,09
03.08.2023	-7,59	04.08.2023	-8,69

Таблица 4

Сопоставление смоделированных и экспедиционных изотопных характеристик

	Координаты	$\delta^{18}\text{O}$ по OIPC, ‰	$\delta^{18}\text{O}$ по экспедиционным данным, ‰	Относительная ошибка, %
Верхний пункт отбора р. Талдура	49°50' с.ш. 87°42' в.д.	-8,8	-8,3	6
Нижний пункт отбора р. Талдура	49°58' с.ш. 88°4' в.д.	-8,3	-10,4	20
Пункт отбора у ледника Некрасова	49°50' с.ш. 87°44' в.д.	-9,2	-9,8	6
Пункт отбора на леднике Некрасова	49°49' с.ш. 87°44' в.д.	-9,6	-9,3	3

Видно, что 16 июля высотный эффект был $-0,17$ ‰/100 м, 22 июля $-0,39$ ‰/100 м, 29 утром высотный эффект не наблюдался, вечером 29 июля $-0,23$ ‰/100 м. Для осадков 3–4 августа наблюдалось самое высокое значение высотного эффекта – $-0,49$ ‰/100 м. В работе [10] указано, что часто значение высотного эффекта для горных территорий составляет в среднем $0,3$ ‰/100 м.

Таким образом, высотный эффект может быть выражен для отдельных событий осадков, но не находит отражения в средне-взвешенном изотопном составе, поскольку наибольшее количество осадков, скорее всего, связано с конденсацией из единой воздушной массы на одном высотном уровне. С использованием полученных экспедиционных данных были построены локальные линии метеорных вод (ЛЛМВ) для всех пунктов отбора проб (рис. 3).

Локальные линии метеорных вод характеризуются угловым коэффициентом меньше 8, что характерно для летних осадков в Центральной Азии [11]. Наибольшую близость к глобальной линии метеорных вод (ГЛМВ) и, следовательно, к равновесным условиям фракционирования имеет уравнение для ледника Некрасова, поскольку там выпадение осадков происходило при минимальной температуре. Низкие значения углового коэффициента в верхнем пункте р.

Талдура свидетельствуют о вкладе испарительного фракционирования в формирование изотопного состава осадков [12].

Локальная линия метеорных вод для всех осадков описывается следующим уравнением: $\delta D = 7,51 \delta^{18}\text{O} + 4,13$.

Также в рамках исследования полученные полевые результаты были сравнены со смоделированными значениями онлайн-калькулятора OIPC (The Online Isotopesin Precipitation Calculator), который позволяет по введенным широте, долготе и высоте места определить изотопный состав осадков.

Входные параметры, результаты и относительная ошибка при сравнении рассчитанных и наблюдаемых значений представлены в табл. 4.

Смоделированное значение изотопного состава атмосферных осадков для средней высоты бассейна р. Талдура составляет $9,3$ ‰. Относительная ошибка между смоделированными данными в системе OIPC и полученными экспедиционными показала следующее: относительная ошибка варьируется от 3 до 20 %, в среднем составляя 5%. Исходя из этого, модельные данные об изотопном составе осадков для данного района можно использовать для дальнейших работ. Минимальная ошибка приходится на ледник Некрасова, максимальная – в нижнем пункте отбора реки Талдура.

Заключение

По результатам исследования получены парные изотопные характеристики для осадков в долине р. Талдура, отобранных в рамках полевой экспедиции 2023 г. Было выявлено, что для средневзвешенных значений высотный эффект не наблюдается: с увеличением высоты уменьшение значений $\delta^{18}\text{O}$ не происходит. Такая ситуация может быть связана с выпадением осадков из единого уровня конденсации при отсутствии подъема воздушной массы вверх по долине или склонам. Также можно заметить признаки обратного высотного эффекта (наименьшие значения $\delta^{18}\text{O}$ на нижнем гидрологическом посту), что, возможно, связано с различными источниками влаги и турбулентным перемешиванием воздушных масс на орographic барьерах. При этом для отдельных проб осадков, находящихся в одной долине (пробы в районе ледника Некрасова), высотный эффект проявляется и составляет от $-0,17$ до $-0,49$ ‰/100 м.

По полученным значениям изотопного состава была построена ЛЛМВ летних осадков 2023 г.: $\delta^2\text{H} = 7,51$ $\delta^{18}\text{O} + 4,13$. Результаты согласуются с известными ранее данными по Алтаю [9]. Измеренный средний изотопный состав осадков ($\delta^{18}\text{O} = -9,5$ ‰) близок к смоделированному по онлайн-калькулятору OIPС ($\delta^{18}\text{O} = -9,0$ ‰), что говорит о том, что модельные данные хорошо отражают изотопный состав летних осадков на территории Центрального Алтая и могут быть использованы в последующих исследованиях.

Список литературы

1. Папина Т.С., Малыгина Н.С., Бляхарчук Т.А., Ненашева Г.И., Рябчинская Н.А., Эйрих А.Н. Изотопный состав

и палиноспектры атмосферных осадков и краевых частей ледника Корумду (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) // Лед и снег. 2015. Т. 55, № 1. С. 40–48.

2. Малыгина Н.С., Эйрих А.Н., Курепина Н.Ю., Папина Т.С. Изотопный состав зимних атмосферных осадков и снежного покрова в предгорьях Алтая // Лед и снег. 2017. Т. 57, № 1. С. 57–68.

3. Малыгина Н.С., Эйрих А.Н., Курепина Н.Ю., Папина Т.С. Изотопный состав атмосферных осадков в предгорьях Алтая: данные наблюдений и интерполяции // Известия ТПУ. 2019. Т. 330, № 2. С. 44–54.

4. Bowen G.J. (Year). The Online Isotopes in Precipitation Calculator, version X.X. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.waterisotopes.org> (дата обращения: 11.10.2023).

5. IAEA/WMO (2015). Global Network of Isotopes in Precipitation. The GNIP Database. Accessible at. [Электронный ресурс]. URL: <https://nucleus.iaea.org/wiser> (дата обращения: 06.10.2023).

6. Bowen G.J., Wassenaar L.I., Hobson K.A. Global application of stable hydrogen and oxygen isotopes to wildlife forensics // *Oecologia*. 2005. Vol. 143. P. 337–348.

7. Дьякова Г.С., Останин О.В. Гляциально-мерзлотные каменные образования Алтая: Южно-Чуйский хребет // География и природопользование Сибири. 2015. № 19. С. 56–62.

8. Ресурсы поверхностный вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 1. Верхний Иртыш и Горный Алтай. Ч. 1. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1969. 316 с.

9. Банцев Д.В., Ганюшкин Д.А., Чистяков К.В., Екайкин А.А., Токарев И.В., Волков И.В. Особенности формирования ледникового стока на северном макросклоне массива Табын-Богдо-Ола по изотопным данным // Лед и снег. 2018. Т. 58, № 3. С. 333–342.

10. Васильчук Ю.К., Чиждова Ю.Н. Высотный градиент распределения $\delta^{18}\text{O}$ и δD в атмосферных осадках и в снежном покрове высокогорных районов // Криосфера Земли. 2010. Т. 14, № 1. С. 13–21.

11. Saidalieva Z., Shahgedanova M., Yapiiev V., Wade A., Akbarov F., Esenaman M., Kapitsa V., Kassatkin N., Kayumova D., Rakhimov I., Satylkanov R., Sayakbaev D., Severskiy I., Petrov M., Usabaliev R., Umirzakov G. Isotopic composition as a tracer of different source contributions to stream flow in the glacierized catchments of Central Asia // Abstracts EGU General Assembly, 24–28 Apr 2023, Vienna, Austria. EGU23-10181, 2023. DOI: 10.5194/egusphere-egu23-10181.

12. Папина Т.С., Малыгина Н.С., Эйрих А.Н., Галанин А.А., Железняк М.Н. Изотопный состав и источники атмосферных осадков в Центральной Якутии // Криосфера Земли. 2017. Т. 21, № 2. С. 60–70.

УДК 502:911.37

DOI

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Васильева Т.В.

Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Санкт-Петербург, e-mail: 18021811@mail.ru

Санкт-Петербург находится в центре пересечения морских, речных путей и наземных магистралей и является европейскими воротами России, ее стратегическим центром, наиболее приближенным к странам Европейского Сообщества. Санкт-Петербург, известный своим богатым культурным наследием и архитектурной красотой, также сталкивается и с экологическими проблемами, связанными с его территориальным развитием. Быстрый рост и расширение города нанесли ущерб окружающей среде, что привело к возникновению различных проблем, требующих немедленного внимания и действий. Одной из основных экологических проблем, с которыми сталкивается Санкт-Петербург, является загрязнение воздуха. Рост населения города и промышленная деятельность привели к выбросам вредных загрязняющих веществ в атмосферу, что отрицательно влияет на качество воздуха. Это загрязнение не только воздействует на здоровье и благополучие жителей, но также способствует разрушению знаковых достопримечательностей и исторических зданий. Другими серьезными проблемами являются загрязнение водных ресурсов, неудовлетворительное обращение с твердыми коммунальными отходами и высокая степень антропогенного воздействия на природные территории вокруг города. В статье проводится анализ перечисленных экологических проблем Санкт-Петербурга на современном этапе развития данного региона. Для решения этих экологических проблем необходимо реализовать инновационные и устойчивые стратегии.

Ключевые слова: экологические проблемы, территориальное развитие, Санкт-Петербург, окружающая среда, загрязнение воды, загрязнение воздуха, твердые отходы

ECOLOGICAL PROBLEMS OF TERRITORIAL DEVELOPMENT OF ST. PETERSBURG

Vasilieva T.V.

North-West Institute of management – Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Saint Petersburg, e-mail: 18021811@mail.ru

St. Petersburg is located in the center of the intersection of sea, river routes and land highways, and is the European gateway of Russia, its strategic center, closest to the countries of the European Community. St. Petersburg, known for its rich cultural heritage and architectural beauty, also faces environmental problems related to its territorial development. The rapid growth and expansion of the city has caused damage to the environment, which has led to various problems requiring immediate attention and action. One of the main environmental problems faced by St. Petersburg is air pollution. The growth of the city's population and industrial activity have led to emissions of harmful pollutants into the atmosphere, which negatively affects air quality. This pollution not only affects the health and well-being of residents, but also contributes to the destruction of iconic landmarks and historic buildings. Other serious problems are water pollution, poor management of municipal solid waste and a high degree of anthropogenic impact on the natural areas around the city. The article analyzes the listed environmental problems of St. Petersburg at the present stage of development of this region. Innovative and sustainable strategies must be implemented to address these environmental challenges.

Keywords: environmental problems, territorial development, St. Petersburg, environment, water pollution, air pollution, solid waste

Санкт-Петербург, исторический и культурный центр России, стал признанным лидером в области территориального развития. Однако вместе с ростом и процветанием города возникли и серьезные экологические проблемы. Одной из таких проблем является загрязнение водных ресурсов. Расположение Санкт-Петербурга на побережье Финского залива делает его прибрежные воды подверженными загрязнению от различных источников. Промышленные предприятия, судоходные суда и бытовые стоки обуславливают высокое содержание тяжелых металлов и других вредных веществ

в водах залива, что создает серьезную угрозу для местной экосистемы и здоровья жителей.

Второй значительной проблемой является загрязнение воздуха. Санкт-Петербург как крупный промышленный центр сталкивается с высоким уровнем выбросов вредных веществ в атмосферу. Автотранспорт, промышленные и тепловые электростанции являются основными источниками загрязнения воздуха. Повышенное содержание сажи, диоксида углерода и других вредных веществ оказывает негативное влияние на здоровье горожан и приводит к негатив-

ным климатическим последствиям. Третьей проблемой выступает высокая степень антропогенного воздействия на природные территории вокруг города. Несмотря на то что Санкт-Петербург является городом с развитой зеленой зоной и большим количеством парков, человеческая деятельность ведет к уничтожению экосистем и потере биоразнообразия. Один из ярких примеров – застройка пригородных лесных и луговых массивов жилыми комплексами и промышленными объектами. Четвертая проблема связана с неудовлетворительным обращением с твердыми отходами. Санкт-Петербург генерирует огромное количество отходов каждый день, и недостаток современных и эффективных механизмов их переработки приводит к дополнительному воздействию на окружающую среду. Неконтролируемый сброс отходов на свалки и недостаток комплексных систем управления отходами ведут ко все большему разрушению экосистем и загрязнению грунтовых вод [1, с. 5]. Очевидно, что экологические проблемы территориального развития Санкт-Петербурга требуют серьезного внимания и мер для их решения. Необходимо разрабатывать и внедрять современные технологии и инновационные подходы к борьбе с загрязнением воды и воздуха, а также активизировать усилия в области устойчивого использования природных ресурсов и управления с твердыми коммунальными отходами. Только совместными усилиями правительства, бизнеса и граждан можно обеспечить экологическую устойчивость и благополучие Санкт-Петербурга и его жителей.

Цель исследования – выявить и проанализировать основные экологические проблемы территориального развития Санкт-Петербурга.

Материалы и методы исследования

Для реализации цели были использованы материалы Доклада об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году [2], подготовленного Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга, а также проведен анализ научной деятельности наиболее известных ученых-исследователей, занимавшихся изучением вопросов территориального развития Санкт-Петербурга. На основе рассмотренных работ были выделены основные причины возникновения экологических

проблем территориального развития Санкт-Петербурга на современном этапе его развития. В исследовании применялись статистический и сравнительно-географический методы исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим основные экологические проблемы территориального развития Санкт-Петербурга более подробно (рис. 1).

1. Загрязнение воздуха Санкт-Петербурга.

Санкт-Петербург, являющийся одним из крупнейших городов России, столкнулся с проблемой серьезного загрязнения воздуха. Данная тема привлекает все больше внимания общественности, так как воздушная среда оказывает прямое влияние на здоровье жителей и экологическую обстановку. Однако в целом климатические условия Санкт-Петербурга, влияющие на уровень загрязнения воздуха, несколько более благоприятны, чем в среднем по городам России (благодаря морскому климату и благоприятным условиям для рассеивания выбросов от промышленных предприятий и автотранспорта). Согласно розе ветров за год для Санкт-Петербурга, город чаще продувается ветрами юго-западных (23%) и западных (19%) направлений [2, с. 17]. Одной из основных причин загрязнения воздуха в городе является интенсивная промышленность [3, с. 61]. Санкт-Петербург – это крупный промышленный центр, доминирующие отрасли которого включают нефтехимический, лесной, машиностроительный и металлургический комплексы. Выбросы вредных веществ, таких как диоксид серы, оксиды азота и тяжелые металлы, становятся серьезной угрозой для качества окружающей среды и здоровья населения. В 2022 году уровень загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга квалифицировался как повышенный, причем основной вклад в загрязнение воздуха города вносили: формальдегид, взвешенные вещества, озон, аммиак и диоксид азота.

Второй фактор, влияющий на ухудшение качества воздуха, – это интенсивное автомобильное движение. Выбросы выхлопных газов, несмотря на введение более строгих норм экологической безопасности, существенно ухудшают состояние атмосферы, что негативно сказывается на здоровье горожан.

		Неправильное использование и утилизация промышленных отходов	Несанкционированная выгрузка бытовых отходов прямо в реки и каналы	Недостаточный контроль сточных вод	
		<i>ПРИЧИНЫ</i>			
Слабая реклама		ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ			Интенсивная промышленность
Отсутствие специализированных мест	<i>ПРИЧИНЫ</i>	НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЕ ОБРАЩЕНИЕ С ТВЕРЫМИ ОТХОДАМИ	Экологические проблемы территориального развития Санкт-Петербурга	ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА	<i>ПРИЧИНЫ</i>
Лень населения		ВЫСОКАЯ СТЕПЕНЬ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ ВОКРУГ ГОРОДА			Сквозная загрязненность
		<i>ПРИЧИНЫ</i>			
		Неправильное использование земельных ресурсов и неэффективное регулирование строительства	Повышенный уровень загрязнения атмосферы и водных ресурсов	Продолжающееся нарушение экосистем: множественные застройки и нарушения природных балансов	

Рис. 1. Основные экологические проблемы территориального развития Санкт-Петербурга

Санкт-Петербург – один из самых автомобилизованных городов России, где автотранспорт является основным средством передвижения. В связи с этим отметим, что за период 2017–2022 г. в Санкт-Петербурге отмечено резкое уменьшение количества автомобилей. В 2017 году насчитывалось 2,4 млн официально зарегистрированных в ГИБДД автомобилей, а в 2022 г. этот показатель составил уже 2,0 млн [2, с. 34].

Благодаря географическому расположению города и преобладанию сырого климата Санкт-Петербург страдает также от так называемой сквозной загрязненности. Это происходит из-за переноса воздушных масс с пригородных и промышленных территорий, где уровень загрязнения значительно

выше. В результате столичные жители вынуждены вдыхать воздух с повышенным содержанием токсичных веществ.

Загрязнение воздуха Санкт-Петербурга имеет серьезные последствия. Люди, постоянно находящиеся в такой среде, подвержены повышенному риску различных заболеваний дыхательной системы, сердечно-сосудистых заболеваний и раздражения слизистых оболочек. Болезни, обусловленные загрязнением воздуха, являются серьезной проблемой общественного здравоохранения и влекут значительные экономические потери. Рассмотрим данные среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ в целом по Санкт-Петербургу (табл. 1).

Таблица 1

Среднегодовые концентрации основных загрязняющих веществ в целом по Санкт-Петербургу по данным станций центральной части города (в единицах ПДКс.г.) [2, с. 16]

№ п/п	Год	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода
1	2001	0,7	0,5	0,3
2	2002	0,9	0,8	0,3
3	2003	1,1	0,7	0,3
4	2004	1,3	0,8	0,3
5	2005	1,2	0,7	0,3
6	2006	1,4	0,6	0,3
7	2007	1,3	0,7	0,2
8	2008	0,9	0,5	0,2
9	2009	0,9	0,5	0,2
10	2010	1,0	0,5	0,2
11	2011	0,9	0,5	0,1
12	2012	1,0	0,5	0,2
13	2013	1,0	0,4	0,1
14	2014	0,9	0,4	0,1
15	2015	0,8	0,4	0,1
16	2016	0,9	0,4	0,1
17	2017	0,8	0,3	0,1
18	2018	0,9	0,3	0,1
19	2019	0,7	0,3	0,1
20	2020	0,6	0,2	0,1
21	2021	0,3	0,2	0,1
22	2022	0,6	0,2	0,1

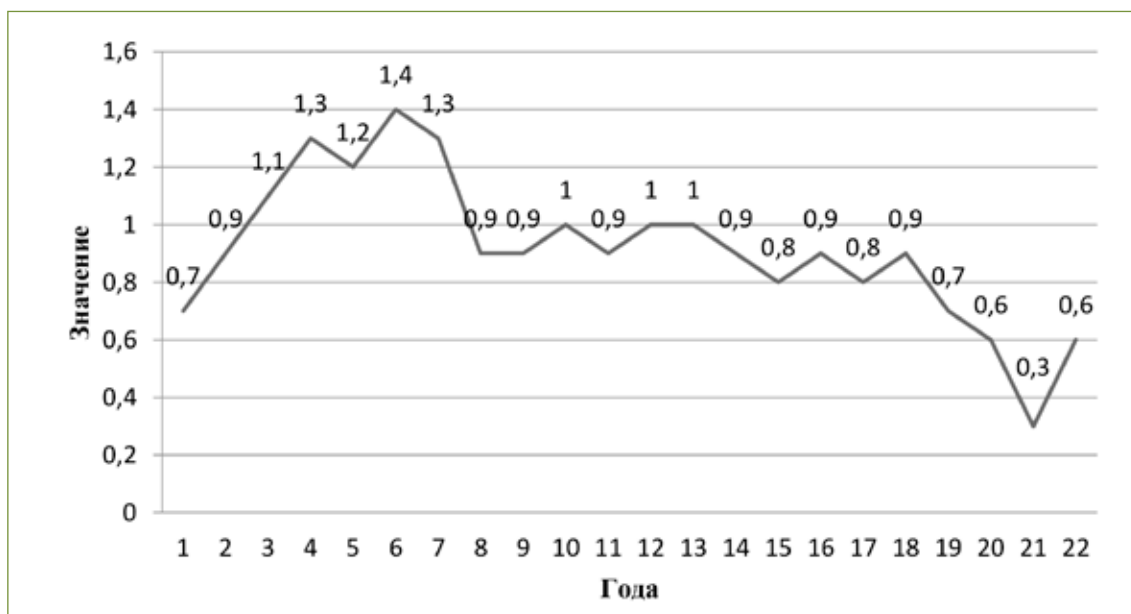


Рис. 2. Среднегодовая концентрация диоксида азота в целом по Санкт-Петербургу по данным станций центральной части города (в единицах ПДКс.г.)

Данные, представленные в таблице 1, позволяют говорить о том, что изменение среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ в целом по Санкт-Петербургу по данным станций центральной части города имело тенденцию слабого спада или сохранения на уровне прошлых лет, исключая концентрацию диоксида азота, которая в 2022 году возросла, что более наглядно отражено на рисунке 2.

Для преодоления проблемы загрязнения воздуха необходим комплексный подход. Правительство города уже предприняло некоторые шаги, такие как введение экологических стандартов для промышленных предприятий и автомобилей, внедрение более экологически чистых видов энергии и улучшение системы общественного транспорта. Однако для снижения загрязнения воздуха в Санкт-Петербурге должны быть предприняты более активные меры. Это может включать улучшение системы очистки промышленных выбросов, поощрение использования общественного транспорта, развитие велосипедных и пешеходных зон, пропаганду принципов экологической осведомленности и использование энергии из возобновляемых источников [4, с. 146].

2. Загрязнение водных ресурсов Санкт-Петербурга

Санкт-Петербург, известный своей красотой и историей, страдает от серьезной проблемы – загрязнения водных ресурсов. Это влияет не только на экологическое состояние города, но и на здоровье его жителей. Одной из главных причин загрязнения являются неправильное использование и утилизация промышленных отходов. Множество предприятий, особенно в промышленных районах города, выбрасывают свои отходы в водоемы, не принимая во внимание потенциальную опасность этого. Это приводит к появлению в воде химических веществ и токсинов, которые наносят непоправимый вред окружающей среде и живым организмам.

Второй важной причиной загрязнения водных ресурсов служит несанкционированная выгрузка бытовых отходов прямо в реки и каналы. Многие жители города неосознанно выбрасывают мусор в водные объекты, полагая, что он самоуничтожится или будет вымыт течением. Однако это ведет к сильному загрязнению воды, ухудшению ее качества и возникновению неприятного запаха.

Третьей причиной можно отметить недостаточный контроль чистоты сточных

вод. Многие предприятия и жилые дома не имеют надлежащих систем очистки сточных вод, что ведет к их прямому попаданию в водные ресурсы. Из-за этого вода в реках и каналах становится негодной для использования и представляет угрозу для живых организмов.

Санкт-Петербург – один из самых водных городов в мире. Его территория переплетена густой сетью рек и озер, и внутри городских границ насчитывается более тысячи водных объектов. В летнее время на этих водных поверхностях активно развивается водная растительность. Водоросли, которые покрывают воду плотным ковром, не только портят внешний вид водных объектов, но и негативно влияют на экологическое состояние водоемов. Они снижают проточность воды и затрудняют движение маленьких судов. Для борьбы с ростом водной растительности в акватории проводится кошение. Этот процесс осуществляется в зависимости от потребностей от одного до трех раз в сезон. Кошение помогает устранить излишне разросшуюся растительность и восстановить нормальные экологические параметры водных объектов. В Санкт-Петербурге в 2022 году в Адресную программу Комитета по уборке водных объектов от наплывных загрязнений и мусора и кошению водной растительности было включено 338 водных объектов, что в 3,25 раза больше, чем в 2016 году. Данное обстоятельство нашло сердечный отклик у горожан, что подтверждает статистика обращений граждан на Портал «Наш Санкт-Петербург» по Классификатору «Мусор на воде»: количество обращений на Портал в 2022 году сократилось в 1,87 раза по сравнению с 2021 годом, что наглядно представлено в таблице 2.

Таблица 2

Количество обращений на Портал «Наш Санкт-Петербург» по Классификатору «Мусор на воде»

Года	Число обращений граждан
2018	1040
2019	1176
2020	1373
2021	1612
2022	865

Загрязнение водных ресурсов Санкт-Петербурга – серьезная проблема, требующая незамедлительных действий. Только

при активном участии государства, предприятий и каждого жителя города можно достичь позитивных результатов и сохранить воду в Северной столице в чистом и здоровом состоянии для будущих поколений.

3. Высокая степень антропогенного воздействия на природные территории вокруг города

Высокая степень антропогенного воздействия на природные территории вокруг Санкт-Петербурга стала серьезной проблемой, требующей незамедлительного внимания и решительных действий. Одной из основных причин этого разрушения являются неправильное использование земельных ресурсов и неэффективное регулирование строительства. Город и его пригородные районы, когда-то покрытые лесами и водоемами, теперь превратились во множество промышленных объектов, дорог и жилых зон. В результате этого процесса многие виды растений и животных, которые когда-то были характерными для этих мест, теперь исчезли или находятся на грани исчезновения.

Повышенный уровень загрязнения атмосферы и водных ресурсов также стал неотъемлемой частью антропогенного воздействия вокруг Санкт-Петербурга. Выбросы вредных веществ от промышленных предприятий и автотранспорта создают дальнедействующий негативный эффект на окружающую среду [5]. Это отражается на качестве воздуха и воды, а также на здоровье граждан, проживающих в этих районах.

Продолжающееся нарушение экосистем также ставит под угрозу уникальные природные местности и биоразнообразие вокруг Санкт-Петербурга. Множественные застройки и нарушение природных балансов приводят к уничтожению животных миграционных путей, гибели редких видов растений и животных, локальному изменению климата. Решение данной проблемы требует совместных усилий правительства, бизнеса и граждан. Необходимо разработать строгие правила в области строительства и использования земли, предоставить юридическую защиту для сохранения природных территорий, улучшить системы контроля и мониторинга загрязнения окружающей среды. Также важно продвигать и поддерживать идеи экологической осведомленности и развития устойчивых практик использования ресурсов [6].

4. Обращение с твердыми отходами

В Санкт-Петербурге, как и в любом крупном мегаполисе, существует неотъемлемая часть общественной инфраструктуры – система обращения с твердыми отходами [7]. Среди причин неудовлетворительного обращения с твердыми отходами в Санкт-Петербурге можно отметить лень населения, отсутствие специализированных мест для таких отходов и слабую рекламу такой деятельности.

В 2022 году в Санкт-Петербурге внедрена новая система обращения с твердыми коммунальными отходами, в связи с чем процент обработки твердых коммунальных отходов был увеличен с 29,6% в 2021 году до 44,1% в 2022 году [2, с. 144]. Благодаря этому процесс захоронения твердых коммунальных отходов стал подконтролен и осуществляется на объектах захоронения отходов, отвечающих требованиям законодательства и включенных в территориальные схемы Ленинградской области и Санкт-Петербурга. В 2022 году на территории Санкт-Петербурга были установлены 2 экомобиля, 10 экологических пунктов (так называемые прицеп-фургоны) и 480 экологических терминалов (прием отработанных батареек и компактных люминесцентных источников света). В 2022 году экологические пункты были размещены в 10 из 18 районов Санкт-Петербурга. Благодаря такой системе обращения с твердыми коммунальными отходами за 2022 год было собрано более 171,3 т опасных отходов, из которых: экомобилками – 116,6 т (68,1%), экотерминалами – 49,0 т (28,6%), экомобилями – 5,7 т (3,3%). Горожане активно поддержали внедрение новой системы обращения с твердыми коммунальными отходами. В 2022 году экомобилы и экомобили в Санкт-Петербурге посетили 48866 человек.

Заключение

Проведенный автором анализ основных экологических проблем территориального развития Санкт-Петербурга позволяет сделать следующие выводы. Интенсивная промышленность, активное автомобильное движение и сквозная загрязненность выступают основными причинами загрязнения воздуха в Санкт-Петербурге. В целом, климатические условия Санкт-Петербурга несколько более благоприятные, чем в среднем по России. Неправильное использование и утилизация промышленных отходов, недостаточный контроль сточных вод и несанк-

ционированная выгрузка бытовых отходов прямо в реки и каналы служат причинами загрязнения водных ресурсов. Решение проблемы высокой степени антропогенного воздействия на природные территории вокруг Санкт-Петербурга требует совместных усилий правительства, бизнеса и граждан. При анализе причин неудовлетворительного обращения с твердыми отходами в Санкт-Петербурге автором выделены такие причины, как отсутствие специализированных мест для подобного рода отходов, слабая реклама такой деятельности и лень населения. Однако в 2022 году в Санкт-Петербурге были установлены 2 экомобилия, 10 экологических пунктов и 480 экологических терминалов, что постепенно приведет к созданию слаженной системы, в которой все звенья взаимосвязаны и функционируют для достижения общей цели – создания безопасной и экологически чистой среды для жизни и развития города.

Список литературы

1. Алексеев Д.К., Зуева Н.В., Розенкова И.В., Урусова Е.С., Шелутко В.А. Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон: новые горизонты // *Метеорологический вестник*. 2017. Т. 9, № 2. С. 1–8.
2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году / Под ред. А.В. Германа, И.А. Себрицкого. СПб., 2023. 226 с.
3. Низамутдинов Т.И., Колесникова Е.В., Алексеев Д.К. Влияние зеленых насаждений на динамику загрязнения воздуха в городах // *Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика*. 2021. № 1. С. 58–73.
4. Сафина С.С., Дикарева О.А. Экологические аспекты территориального планирования в России и Германии: возможности для сотрудничества // *Современные тенденции развития науки и технологий*. 2016. № 12-4. С. 141-147.
5. Никанорова А.А., Манвелова А.Б. Анализ управления потоками отходов в странах региона Балтийского моря // *Успехи современного естествознания*. 2023. № 5. С. 23-41.
6. Овсипян М.В. Проблемы развития Санкт-Петербургской агломерации // *Проблемы развития территорий*. 2018. № 4 (96). С. 72–86. DOI: 10.15838/ptd.2018.4.96.5.
7. Жусупбекова М.К., Сейлханов А.А. Экологические проблемы и здоровье человека // *Успехи современного естествознания*. 2015. № 1-3. С. 447-449.

УДК 502.62
DOI

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОПАРКА «ЯНГАН-ТАУ» И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА «РЕЖЕВСКОЙ» С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ

Гордеева И.В.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург, e-mail: ivgord@mail.ru

Статья посвящена сравнению эффективности деятельности геологического парка «Янган-Тау», расположенного на территории Республики Башкортостан, и геолого-минералогического заказника «Режевской», организованного на территории Свердловской области в пределах «Самоцветной полосы Урала» с точки зрения привлекательности для потребителей услуг в области геологического и минералогического туризма. Показано, что данные объекты существенно отличаются не только по направлениям деятельности, количеству экскурсионных маршрутов и количеству геологических аттракторов, но и по количеству туристов, ежегодно посещающих геопарк и заказник с целью получения определенного набора туристических услуг. Установлено, что для геопарка «Янган-Тау» фиксируется многолетний тренд в сторону постоянного возрастания спроса на посещение, что определяется во многом широким спектром туристических услуг, разработанных и оказываемых администрацией парка и экскурсоводами. В то же время геолого-минералогический заказник «Режевской», организованный на территории выведенного из употребления месторождения никелевой руды и предоставляющий возможность ознакомления с историей развития камнерезного промысла на Урале, а также самостоятельной добычи поделочных и полудрагоценных камней, демонстрирует очень низкую посещаемость туристами, в основном в пределах однодневных туров. Главной причиной подобной негативной тенденции является непродуманная концепция организации заказника, в которой не была учтена специфика геологического туризма, не предусмотрено оказание дополнительных услуг для посетителей из других регионов России, а также не учитывалась роль информационно-рекламной составляющей подобных проектов.

Ключевые слова: геопарк, геолого-минералогический заказник, туристическая привлекательность, туристический поток, геологический туризм, объекты геологического туризма

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE “YANGAN-TAU” GEOPARK AND THE “REZHEVSKOY” MINERALOGICAL RESERVE FROM THE POINT OF TOURIST ATTRACTIVENESS

Gordeeva I.V.

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: ivgord@mail.ru

The article is devoted to comparing the effectiveness of the “Yangan-Tau” geological park, located on the territory of the Republic of Bashkortostan, and the “Rezhevskoy” geological and mineralogical reserve, organized on the territory of the Sverdlovsk region within the “Gem Strip of the Urals” in terms of attractiveness for consumers of services in the field of geological and mineralogical tourism. It is shown that these objects differ significantly not only in the areas of activity, the number of excursion routes and the number of geological attractors, but also in the number of tourists who annually visit the geopark and reserve in order to receive a certain set of tourist services. It has been established that for the “Yangan-Tau” geopark, a long-term trend has been recorded towards a constant increase in demand for visits, which is determined, in many respects, by a wide range of tourism services developed and provided by the park administration and tour guides. At the same time, the geological and mineralogical reserve “Rezhevskoy”, organized on the territory of a disused nickel ore deposit and providing an opportunity to get acquainted with the history of the development of the stone-cutting industry in the Urals, as well as independent mining of ornamental and semi-precious stones, demonstrates very low tourist attendance mainly in within one-day tours. The main reason for this negative trend is the ill-conceived concept of organizing the reserve, which did not take into account the specifics of geological tourism, did not provide for the provision of additional services for visitors from other regions of Russia, and also did not take into account the role of the information and advertising component of such projects.

Keywords: geopark, geological and mineralogical reserve, tourist attraction, tourist flow, geological tourism, objects of geological tourism

Концепция геологических парков (геопарков) начинает формироваться в 1990-е гг. и коррелирует с активным развитием геологического туризма в различных регионах мира, что обусловлено возрастанием общественного интереса как к разнообразным природным достопримечательно-

стям – горам, геологическим разрезам, содержащим комплексы отложений фоссилий различных периодов эволюции земной биосферы, пещерам, необычным ландшафтам, так и результатам антропогенной деятельности – выведенным из употребления месторождениям полезных ископаемых [1, 2].

В 2004 г. по инициативе ЮНЕСКО возникает Всемирная сеть национальных геопарков (Global Network of National Geoparks), включающая по данным на 2023 г. 195 объектов в различных регионах мира. Российская Федерация в данном перечне представлена только одним геопарком – «Янган-Тау», расположенным на территории Республики Башкортостан и в настоящее время успешно сочетающим функции экскурсионного аттрактора для значительного количества туристов из регионов Большого Урала и рекреационной территории благодаря расположенному рядом одноименному санаторию. В то же время до сих пор единого подхода к определению такого направления туристической деятельности, как геологический туризм, не существует. В частности, понятие трактуется как «предоставление услуг, позволяющих туристам не только оценивать эстетическую красоту природных объектов, но и приобретать знания по геологии и геоморфологии, осознавая важность геологического наследия» [3]. R. Dowling, в свою очередь, определяет геологический туризм как «получение опыта взаимодействия с геологической средой в целях удовлетворения личностных потребностей, приобщение к эколого-устойчивым практикам и накопление впечатлений» [4]. В то же время Д.А. Рубан утверждает, что геологический туризм представляет собой деятельность, направленную на использование уникальных ресурсов геологической среды для получения новых знаний, опыта и впечатлений туристами и оказания им соответствующих услуг, то есть наряду с когнитивным и гедонистическим аспектами уделяется внимание экономическому [5]. Очевидно, что геологический туризм можно рассматривать как одну из разновидностей экологического туризма, подразумевающую не только получение эстетического удовольствия от ознакомления с уникальными образцами природных объектов, но и приобретение новых знаний о геологическом прошлом нашей планеты [6]. Особой категорией является минералогический туризм, главная цель которого не только осмотр месторождений полезных ископаемых, включая поделочные камни, но и возможность сбора коллекций соответствующих экспонатов [7]. По утверждению Т.В. Афанасьевой и С.А. Ивановой, «геолого-минералогический туризм сочетает посещение месторождений полезных ископаемых и горнодобывающих предприятий и сбор минералов», позволяя

осуществлять изучение истории горнорудного производства и камнерезного дела в конкретном регионе [8].

Территория Среднего Урала представляет собой летопись активного развития горнодобывающей промышленности на протяжении более трехсот лет: от выведенных из индустриального оборота месторождений до успешно функционирующих горнообогатительных и металлургических предприятий, специализирующихся на добыче медной, железной и алюминиевой руды, а также золота, платины и пр. Кроме того, история региона тесно связана с зарождением в нашей стране камнерезного промысла и технологий обработки ювелирных камней, в связи с открытием первых в России месторождений аметиста, турмалина, родонита, аквамарина, малахита, а также ювелирных драгоценных камней первого порядка – изумруда и александрита, обеспечивших славу Уралу в мировом масштабе. В настоящее время большая часть данных месторождений законсервирована, однако они по-прежнему привлекают внимание как официально организованных групп, так и отдельных туристов [9]. Для упорядочения туристического потока и сохранения геолого-минералогического наследия в 2013 г. администрацией Свердловской области была высказана идея о создании в регионе геопарка «Самоцветная полоса Урала» на базе функционирующего с 1995 г. Режевского геолого-минералогического заказника с целью создания благоприятных условий для развития геотуризма, способного стать «локомотивом» для экономического развития территории [10]. Предполагалось, что в течение 5–7 лет будет реализован проект, способный обеспечить посещаемость территории в течение года до 150–200 тыс. туристов, имеющих возможность посетить уникальные природные и природно-техногенные объекты, а также принять участие в поиске минералов. Однако вплоть до настоящего времени (2023 г.) ситуация с организацией геопарка сохраняет неопределенность, а Режевской заказник является единственным геолого-минералогическим официально функционирующим аттрактором на территории региона.

Цель исследования заключается в сравнении потенциальных возможностей для развития геологического туризма геопарка «Янган-Тау», признанного ЮНЕСКО, и Режевского заказника, а также анализе некоторых причин неудачи с организацией геопарка «Самоцветная полоса Урала».

Материалы и методы исследования

Данная статья посвящена анализу ряда показателей, характеризующих действующий геологический парк «Янган-Тау» (Республика Башкортостан) и геолого-минералогический заказник «Режевской» (Свердловская область) по состоянию на июль 2023 г. с использованием данных ряда официальных туроператоров, обеспечивающих организацию туристических поездок в указанные выше территории, а также показатели посещаемости аттракторов, фиксируемые администрацией регионов. Кроме того, использовались личные наблюдения автора и контент-анализ бесед с посетителями территорий и лицами, сопровождающими официально и стихийно организованные группы.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 и 2 представлены сравнительные данные по посещаемости обоих объектов, оказывающих услуги геологического туризма. Показатели свидетельствуют о су-

щественных различиях в посещаемости в пользу геопарка «Янган-Тау», причем данный тренд сохраняется на протяжении последних шести лет.

Как следует из данных, представленных в таблице, оба объекта существенно отличаются друг от друга по целому ряду показателей, включая преобладающее направление деятельности и происхождение геологических аттракторов. В то же время следует отметить, что как геопарк, так и геолого-минералогический заказник обладают достаточно высоким туристическим потенциалом, хотя геологический туризм никогда не будет пользоваться столь же высокой популярностью среди основной массы потребителей туристических услуг, как, например, пляжный или экскурсионный, в силу своей специфики: требуется определенный уровень физической подготовки, некоторые знания в области геологии, обеспечиваемые в том числе квалифицированными экскурсоводами, и в целом специфический интерес к посещаемым объектам.



Рис. 1. Данные по посещаемости геолого-минералогического заказника «Режевской» (тыс. чел. в год)

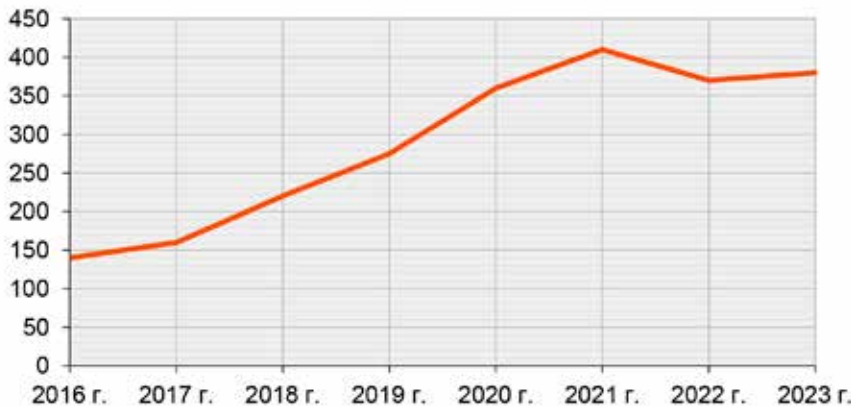


Рис. 2. Данные по посещаемости геопарка «Янган-Тау» (тыс. чел. в год)

Сравнение геопарка «Янган-Тау» и геолого-минералогического заказника «Режевской»

Показатели	Геопарк «Янган-Тау»	Природно-минералогический заказник «Режевской»
Площадь	1774 км ²	395 км ²
Задачи	<ul style="list-style-type: none"> - организация и проведение экскурсий; - деятельность в области просвещения, науки, культуры и этнографии, физической культуры и охраны здоровья граждан, пропаганды охраны природы; - осуществление научно-исследовательской деятельности; - оказание информационно-консультационных услуг в области развития геопарков, а также естественных наук, этнотрадиций, охраны природы; - содействие продвижению геопарков на внешнем и внутреннем рынке 	<ul style="list-style-type: none"> - возрождение традиционной культуры камня, содействие развитию традиционного камнерезного и ювелирного дела; - развитие экологического и познавательного туризма, обеспечение отдыха населения; - сохранение естественных историко-природных ландшафтов, памятников природы в научных и рекреационных целях; - реабилитация ресурсо-воспроизводящих экосистем; - охрана уникальных минералогических и геологических объектов от истощения при нерациональном пользовании; - содействие восстановлению истории освоения края
Цели создания	<ul style="list-style-type: none"> - развитие геотуризма, экологического и спортивного туризма; - развитие краеведения и активного отдыха; - оказание услуг в области культуры, науки и туризма; - просвещение населения в области наук о Земле; - содействие охране природы и сохранению этнической самобытности и народных традиций 	<ul style="list-style-type: none"> - сохранение и воспроизводство уникального природного комплекса – минералогической провинции «Самоцветная полоса Урала», организация геологического и экологического туризма и просвещения
Направления деятельности	Спортивный, экологический и медицинский туризм	Минералогический туризм
Количество геологических аттракторов	Более 30, из которых 3 имеют международную, 10 – национальную и 21 объект – образовательную значимость.	Три пегматитовых поля, в пределах которых расположено 66 минеральных копей
Происхождение геологических аттракторов	Природное	Техногенное
Доступность	Круглогодичная	Преимущественно май – сентябрь
Количество экскурсионных маршрутов	12	6

В идеальном варианте для обеспечения большей привлекательности геологическому парку необходимо предоставлять как можно больший спектр туристических услуг, способных удовлетворить разнообразные запросы посетителей, включая определенный уровень сервиса (наличие на территории гостиничного комплекса или кемпинга, а также автомобильной парковки, организация питания, доступность объектов для маломобильных граждан и пр.) [11, 12]. Геологический парк «Янган-Тау» в значительной мере соответствует большинству из перечисленных критериев, в силу чего администрацией фиксируется ежегодно возрастающий спрос на посещение объек-

та, хотя отмечается, что для значительной части туристов непосредственное посещение геологических объектов не является приоритетной целью, гораздо больший интерес вызывает наличие на территории конноспортивной базы, а также минерального источника. В то же время всем желающим предоставляются услуги экскурсоводов, сопровождающих посещение уникального геологического разреза Мечетлино и расположенного непосредственно на территории парка музея, посвященного местным природным достопримечательностям. В целом, как демонстрируют статистические данные, перспективы дальнейшего развития геопарка благоприятны [13]. Что касается

казника «Режевской», то в данном случае ситуация выглядит совершенно иначе, что подтверждается в том числе посещаемостью объекта: в 2023 г. этот показатель не превысил 6 тыс. чел., что объясняется не только длительным запретом на прибытие организованных туристических групп в связи со сложной пожароопасной обстановкой на протяжении значительной части летнего сезона, но и совокупностью целого ряда факторов, таких как слабая информированность потенциальных заказчиков туристических услуг о возможностях, предоставляемых заказником (из 56 опрошенных лиц – резидентов Свердловской области, интересующихся геологическим туризмом, только три человека знали о существовании заказника и наличии туристических маршрутов на его территории), отсутствие развитой инфраструктуры, включая транспортную, а также незначительное количество региональных туроператоров, предоставляющих услуги по формированию организованных туристических групп на данный объект. Возможности, предоставляемые для посетителей заказника, такие как организация мастер-классов по добыче и промывке минералов, остаются мало востребованными, основную часть визитеров составляют стихийно организованные туристы, чье внимание привлекает исключительно перспектива отдыха в относительно экологически благополучном месте на берегу заполненного водой объекта, имеющего техногенное происхождение – выведенного из употребления карьера по добыче никелевой руды. В отличие от геопарка «Янган-Тау», заказник «Режевской» не обеспечивает посетителей никакими дополнительными услугами, такими как организация питания или предоставление благоустроенных мест отдыха (исключение составляет только продажа сувениров), что существенно снижает его привлекательность для посетителей из других регионов России, заинтересованных в услугах геологического туризма.

Большинство объектов, имеющих отношение к развитию горнопромышленного и камнерезного дела на территории Среднего Урала (минералогический музей в с. Мурзинка, дом-музей Д. Зверева – прототипа Данилы-мастера из сказов П.П. Бажова и др.), находятся за пределами заказника «Режевской» и включены в отдельные туристические маршруты. Таким образом, несмотря на разработанный план, потенциал «Самоцветной полосы Урала» оказался не реализованным в полной мере. В целом

следует признать, что в ближайшей перспективе ожидать существенных изменений в возрастании туристического потока в вышеупомянутый заказник и увеличения его доходности не приходится, поскольку сама концепция объекта оказалась недостаточно продуманной: не была учтена специфичность геотуризма и ограниченность спроса на него при отсутствии сопутствующих туристических услуг, не уделялось должного внимания рекламе месторождений и их возможностей; слабая вовлеченность в процесс операторов внутреннего туризма закономерно сопровождается снижением качества организованных экскурсий, наконец, заказник просто не в состоянии обеспечить необходимый минимум сервиса для заинтересованных туристов из других регионов России. Ситуация усугубляется значительными расстояниями между основными достопримечательностями «Самоцветной полосы Урала», что делает проблематичным их посещение в течение однодневных туристических маршрутов. Одним из выходов могла бы стать реорганизация туристических маршрутов в сторону увеличения их продолжительности во времени с параллельным подключением к участию в мероприятиях сотрудников местных музеев и лиц с геологическим образованием в качестве грамотно подготовленных экскурсоводов, а также максимальное параллельное использование возможностей экологического туризма на данной территории (включая сплавы по рекам, восхождения в горы и пр.) для расширения ассортимента оказываемых посетителям услуг.

Заключение

Проведенное исследование показывает, что геопарк «Янган-Тау» и геолого-минералогический заказник «Режевской», несмотря на наличие ряда общих целей организации, существенно различаются не только по количеству экскурсионных маршрутов, основным направлениям деятельности и другим показателям, но и по общему туристическому потоку, свидетельствующему о привлекательности данных объектов с точки зрения потребителей туристических услуг. Приходится констатировать, что если ситуация с дальнейшим развитием геопарка «Янган-Тау» выглядит в настоящее время оптимистично, то второй объект исследования остается в стороне от основных маршрутов экологического (и геологического) туризма, что в значительной степени объясняется непродуманной концепци-

ей организации геологического заказника, в которой не было предусмотрено оказание дополнительных услуг для внешних туристов, развитие инфраструктуры, а также информационно-рекламная составляющая, существенно влияющие на масштабы спроса на конкретные маршруты на туристическом рынке.

Список литературы

1. Фархутдинов И.М., Фархутдинов А.М., Исмагилов Р.А. Геологическое строение геопарка Янган-Тау // Вестник Башкирского университета. 2018. Т. 23, № 4. С. 1128–1138.
2. Гутак Я.М., Рубан Д.А. Историко-горно-геологическое наследие: особенности и классификация // Отечественная геология. 2016. № 1. С. 72–76.
3. Хайрегдинова Н.Э. Геотуризм в Башкортостане: анализ материалов СМИ и некоторые выводы // Экономика Центральной Азии. 2018. Т. 2, № 1. С. 43–54.
4. Зайцева А.И. Роль геологических парков в развитии геологического туризма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2020. Т. 6 (72), № 3. С. 62–69.
5. Михайленко А.В., Рубан Д.А. Новый подход к оценке потенциала развития геологического туризма (на примере Горной Адыгеи) // Сервис в России и за рубежом. 2022. Т. 16, № 4. С. 155–168.
6. Корф Е.Д. Геопарк как платформа эффективного взаимодействия общества и природы // Наука и туризм: стратегии взаимодействия. 2015. Вып. 4 (2). С. 5–9.
7. Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Попов С.В., Гурбанова О.А. Перспективы развития минералогического туризма на Северном Кавказе (на примере месторождений коллекционных минералов и поделочных камней) // Вестник Владикавказского научного центра. 2016. Т. 16, № 1. С. 51–60.
8. Афанасьева Т.В., Иванова С.А. Месторождения полезных ископаемых южной Якутии как объекты геолого-минералогического туризма // Вестник СВФУ. 2018. № 4 (12). С. 60–71.
9. Поздеева О.Г. Некоторые аспекты развития туризма в промышленном регионе (на примере Свердловской области) // Вестник экономики, права и социологии. 2022. № 3. С. 156–159.
10. Леонидова Е.Г. Приоритеты и угрозы развития регионального туризма // Регионоведение. 2022. Т. 30, № 3. С. 624–646.
11. Тарханова Н.П., Романов В.А. Экологический туризм на Урале: стратегия развития // Вестник ЗабГУ. 2021. Т. 27, № 10. С. 114–122.
12. Королева И.С. Эволюция научных подходов к определению содержания понятия геотуризм: от геоконсервации до устойчивого туризма // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2023. Т. 9, № 1. С. 16–26.
13. Копылов И.С., Даль Л.И., Трофимов Р.Н. Геологические предпосылки создания геопарка на Среднем Урале // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 50–56.

УДК 911
DOI

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТУРИСТСКОГО ОПОРНОГО КАРКАСА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «БЕЛЯНКА»

Егоров С.С.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: samsbox86@gmail.com

Статья рассматривает опорный каркас территории как основу устойчивого развития туризма на особо охраняемых природных территориях. В ходе проведенного анализа научной литературы по изучаемой теме были выявлены основные элементы опорного каркаса исследуемой территории. Данные элементы легли в основу формирования единого каркаса ресурсного резервата «Белянка» (РР «Белянка»). Полученные результаты полевых исследований, проведенных в 2022 и 2023 гг., стали базой для написания статьи. Были обработаны статистические данные посещения РР «Белянка» за последние 6 лет, по итогам которых были выявлены основные цели посещения резервата. Выделены три ареала по целевым направлениям хозяйственной деятельности, осуществляемой на посещаемых территориях. Проведена группировка основных элементов каркаса по значимости их влияния на развитие выделенных ареалов особо охраняемой природной территории Белянка. Кроме того, в статье приводятся результаты проведенной инвентаризации туристско-рекреационных ресурсов РР «Белянка». Так, ресурсы были поделены на следующие группы: объекты, находящиеся в зоне абсолютного покоя; объекты зоны традиционного природопользования; объекты Ленской части и горной части, расположенные вне границ особо охраняемой природной территории «Белянка». В результате проведенных камеральных и полевых исследований была составлена картосхема РР «Белянка» с единым опорным каркасом территории РР «Белянка».

Ключевые слова: Республика Саха (Якутия), «Белянка», опорный каркас, особо охраняемая природная территория, ресурсный резерват

DETERMINATION OF THE SUPPORTING FRAME OF THE PROTECTED AREA “BELYANKA”

Egorov S.S.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: samsbox86@gmail.com

The article considers the supporting framework of the territory as the basis for the sustainable development of tourism in specially protected natural areas. The study presents the results of the analysis of scientific literature on the topic under study. During the processing of theoretical materials, the main elements of the supporting framework of the territory were identified. These elements formed the basis for the formation of a single framework of the Belyanka resource reserve (Belyanka RR). The obtained results of field research conducted in the period from 2022 to 2023 became the basis for writing the article. Statistical data on visits to the Belyanka region over the past 6 years were processed, according to the results of which the main goals of visiting the reserve were identified. 3 areas have been identified according to the target areas of economic activity carried out in the visited territories. The main elements of the framework are grouped according to the importance of their influence on the development of the designated areas of the specially protected natural territory of Belyanka. In addition, the article presents the results of the inventory of tourist and recreational resources of the Belyanka region. Thus, the resources were divided into the following groups: objects located in the zone of absolute rest; objects of the zone of traditional nature management; objects of the Lena part and the mountainous part located outside the boundaries of the specially protected natural territory of Belyanka. As a result of the conducted desk and field research, a cartographic diagram of the Belyanka district with a single supporting frame of the Belyanka district territory was compiled.

Keywords: Republic of Sakha (Yakutia), Belyanka, supporting frame, specially protected natural area, resource reserve

Существует множество подходов к изучению устойчивого развития туристско-рекреационных территорий. Одним из подходов является геосистемный, в котором выделяется дуалистическая структура туризма: «территориальная» и «маркетинговая» [1]. Базовый уровень представляет собой территориальную туристско-рекреационную систему (ТТРС) – схематичную и упрощенную модель туристско-рекреационной деятельности [2]. Основой ТТРС является ее линейно-узловая структура – туристско-рекреационный каркас. [3, с. 30]. Каркас ТТРС выражается в схематичной решетке

с центральными элементами в виде туристско-рекреационных центров, которые объединены путями сообщения [4]. В рамках геосистемного подхода основное внимание уделяется сфере туризма как сектора экономики. Однако развитие туризма на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) требует более детального подхода к исследованию пространства.

Одним из подходов, позволяющим комплексно рассмотреть устойчивое развитие территорий, может служить концепция опорного каркаса. В трудах многих советских и российских географов исследуют

ся городской каркас, инфраструктурный каркас, опорный каркас расселения, каркас освоения новых районов, опорный экологический каркас и туристско-рекреационный каркас. На различных территориальных уровнях выявляются ядра, функциональные узлы и коридоры опорного каркаса. При этом определяется, что на близких к центру – «прикаркасных» – территориях эффективнее идет развитие хозяйства [5]. Поэтому исследование различных подходов концепции опорного каркаса территории в едином комплексе позволит найти решение устойчивого развития туризма на ООПТ.

Одним из доступных на территории Республики Саха (Якутия) ООПТ для развития туризма является РР «Белянка». Резерват расположен в Кобяйском улусе Якутии на расстоянии 200 км от столицы Республики – Якутска. Территория резервата популярна среди туристов, так как имеет сравнительно удобную транспортную схему, аттрактивные природные ландшафты и отличается высоким биоразнообразием. Для местного населения, проживающего в близлежащих от резервата муниципальных образованиях, территория РР «Белянка» имеет особое значение как с точки зрения развития туризма, так и с позиции сохранения и восполнения биоразнообразия для осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации.

Комплексное исследование территории резервата на предмет определения ее опорного каркаса является актуальным. Оно заложит основу устойчивого развития туризма и сможет повлиять на принятие оправданных решений по социально-экономическому развитию территории в целом. Выявление основных центров каркаса и связывающих их транспортных путей даст возможность сформировать эффективную логистику и в полной мере раскрыть туристско-рекреационный потенциал территории.

Цель исследования – выявить пространственный потенциал устойчивого развития туризма ООПТ РР «Белянка». Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- изучить сущность и виды опорного каркаса территории;
- произвести анализ пространственного расположения туристско-рекреационных объектов РР «Белянка»;
- осуществить группировку целей посещения РР «Белянка»;
- определить опорный каркас РР «Белянка».

Материалы и методы исследования

Важнейшее положение экономического каркаса как основы формирования и развития территории и всех его связующих сформулировано Н.Н. Баранским в середине XX в. Каркас является «остовом» и рассматривается как механизм, который связывает все комплекующие разных социально-экономических систем и разнородные части территории [6]. Анализ существующей литературы по теме изучения опорного каркаса территорий показал, что наиболее глубоко идея исследована в концепции единой системы расселения и территориальной структуры народного хозяйства. По мнению Г.М. Лаппо, опорный каркас присущ территориальной структуре народного хозяйства и представляет собой сочетание главных фокусов (центров) хозяйственной, социальной и культурной жизни страны, а также соединяющих их социально-экономических линий [7]. Под центрами опорного каркаса понимаются города, а под линиями подразумеваются взаимосвязи этих городов между собой через сети транспортных магистралей. Были выделены основные тенденции развития территорий, выраженные в виде агломерирования производства, населения и процессов урбанизации. Само формирование каркаса расселения имеет зависимость от закономерностей точечной концентрации населения, производственных мощностей и инфраструктуры.

Одновременно с опорным экономическим каркасом существует необходимость в формировании опорного экологического каркаса территории для гармоничного развития агломерации и окружающей среды [8]. Отличительной особенностью экологического каркаса является то, что под центрами и узлами каркаса рассматриваются антропогенная и природная составляющая. Под антропогенными центрами классически понимаются населенные пункты и их инфраструктура, а под центрами природной составляющей рассматриваются ООПТ. Идея экологического каркаса позволяет моделировать сочетание разных концепций каркасов. Существуют предложения по проектированию опорного каркаса расселения в сочетании с экологическим опорным каркасом территории. Симбиоз двух каркасов может создать условия для сбалансированного социально-экономического развития с учетом сохранения природной составляющей [9]. Другим видом сочетания разных каркасов является взаимодополнение основных элементов опорного эконо-

мического и экологического каркасов. Совокупность механизмов управления экономико-социального развития пространства дополняется инструментами природопользования, что представляет собой основу устойчивого развития. Таким образом, развитие концепции экологического каркаса, подкрепленной необходимостью изучения вопросов устойчивого развития, способствовало появлению идей коэволюции разных каркасов с взаимодополняющими основными элементами.

Экологический каркас является основой формирования концепции туристско-рекреационного опорного каркаса. Сбалансированное и устойчивое развитие на всех режимных зонах ООПТ возможно только с внедрением управляемого туризма. Связь антропогенной и природной составляющей центров и линий экологического каркаса проявляется в первую очередь через сферу туризма. Туризм на выделенных зонах ООПТ является единственным экономически обоснованным видом деятельности, имеющим потенциал для привлечения денежных потоков на пространственное и социальное развитие территории в целом.

Выборка туристско-рекреационных центров каркаса обусловлена масштабом проводимого исследования. На глобальном уровне центры представлены уникальными туристическими объектами и международными центрами туризма. На национальном уровне – городами федерального значения и столицами регионов. На уровне регионов – центрами муниципальных образований. Выделяют также межрегиональный уровень, на котором выделяются не только центры сопредельных субъектов федерации, но и муниципальные образования разного иерархического уровня [10]. Применяя теорию опорного каркаса на локальной территории, можно выделить основные центры и линии.

Формирование опорного каркаса территории РР «Белянка» имеет место быть на территории граничащих между собой муниципальных районов. Под центрами будут выступать села, под линиями – дороги, в том числе проселочные, паромные переправы и ледовые дороги сезонного характера.

Для определения опорного каркаса РР «Белянка» в первую очередь применен полевой метод пространственного анализа территории. В рамках реализации условий трехстороннего соглашения по развитию туризма РР «Белянка», заключенного между Институтом естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова», ГБУ РС

(Я) «ДБР, ООПТ и ПП» и туроператором ООО «Элдэн», в 2022 и 2023 гг. были осуществлены выездные научные исследования территории резервата [11]. В ходе данного мероприятия проведена инвентаризация потенциальных туристско-рекреационных объектов ООПТ. С применением методов ГИС объекты были нанесены на карту и определены центры комплексного опорного каркаса РР «Белянка» (рис. 1).

Объекты на территории ООПТ РР «Белянка». Зона традиционного природопользования: 1 – турбаза «Остров Тайменский»; 2 – место рыбалки «Остров Эрбэс»; 3 – место рыбалки «Волчья протока»; 4 – кордон «Усть-Белянский» ГБУ РС (Я) «ДБР, ООПТ и ПП»; 5 – выход вечной мерзлоты «Плачгора»; 6 – привал «Кемпинговый лес».

Объекты на территории ООПТ РР «Белянка. Зона абсолютного покоя: 7 – кордон «Белянка» ГБУ РС (Я) «ДБР, ООПТ и ПП»; 8 – гора-смотровая «У кордона»; 9 – изба «Дом охотника»; 10 – озеро «Карасиное»; 11 – привал «Звездочка»; 12 – смотровая «Утес двух рек»; 13 – озеро «Горное».

Объекты за пределами ООПТ РР «Белянка». Ленская часть: 14 – село Булус – центр Тюбинского наслега в Намском улусе Республики Саха (Якутия); 15 – село Батамай Кировского эвенкийского национального наслега Кобяйского улуса; 16 – село Ситте Ситтинского наслега Кобяйского улуса; 17 – кордон «Некада» ГБУ РС (Я) «ДБР, ООПТ и ПП»; 18 – кордон «Белоозерский» ГБУ РС (Я) «ДБР, ООПТ и ПП»; 19 – турбаза «Туйгун Кэмп»; 20 – привал «На полпути».

Объекты за пределами территории ООПТ РР «Белянка». Горная часть: 21 – привал «Рыболовный пережат»; 22 – смотровая «Птичьи озера»; 23 – изба «У истока»; 24 – исток р. Белянка [12].

При определении природной составляющей экологического каркаса территории установлено наличие двух режимных зон РР «Белянка»: абсолютного покоя и традиционного природопользования. Антропогенная составляющая экологического каркаса сформирована населенными пунктами: с. Булус, с. Батамай, с. Ситте, пгт. Сангар – и объектами, расположенными внутри территории РР «Белянка»: кордон «Усть-Белянский», кордон «Белянка», турбаза «Остров Тайменский». Линией взаимосвязи экологического каркаса является режимная зона традиционного природопользования РР «Белянка» и водные пути, соединяющие антропогенные центры, которые сформированы каркасом расселения.

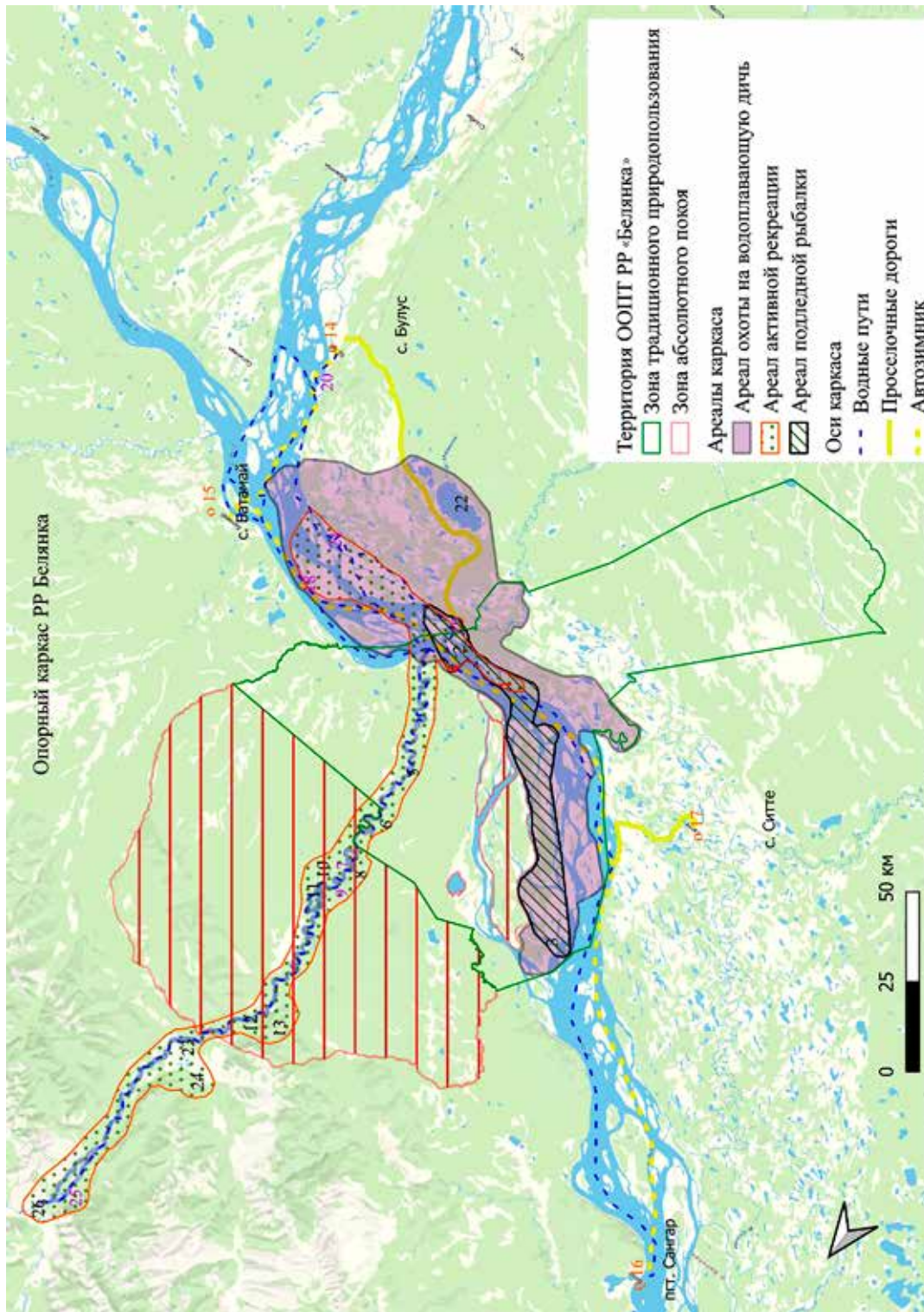


Рис. 1. Опорный каркас РР «Белянка»

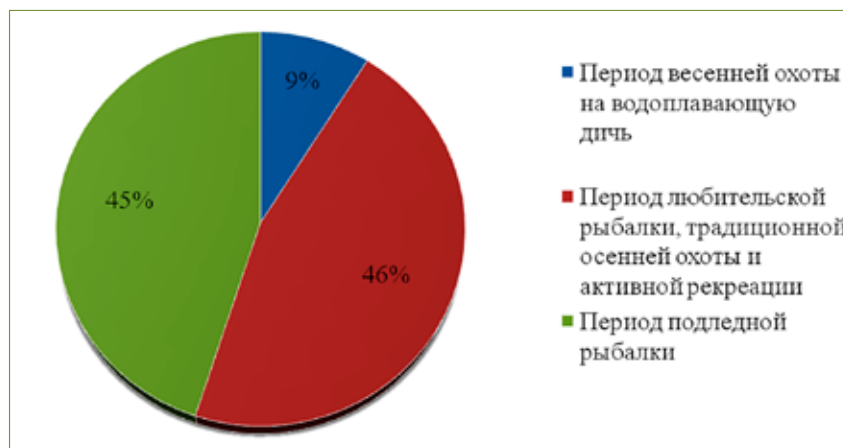


Рис. 2. Количество посещений РР «Белянка» по сезонным периодам

Анализ статистических данных позволил определить основные цели посещения ООПТ. Из архива были предоставлены журналы ГБУ РС (Я) «ДБР, ООПТ и ПП» с данными о посещениях всех ООПТ регионального значения на территории Республики Саха (Якутия) за 2017–2022 гг. Путем ручной выборки количества выданных разрешений на посещение РР «Белянка» были получены данные по посещаемости резервата за последние 6 лет. В ходе анализа полученные данные сгруппированы по сезонным периодам, определены общие цели посещений в зависимости от времени года [13]. В ходе дальнейших исследований периоды весенней и осенней рыбалки были объединены в одну группу – период подледной рыбалки (рис. 2).

Усредненное количество посещений за 2017–2022 гг. в процентном соотношении показывает, что наибольшей популярностью пользуются маршруты, направленные на организацию подледной рыбалки в период с ноября по апрель и период активной рекреации с июня по октябрь.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании анализа полученных статистических данных и результатов инвентаризации туристических объектов можно определить опорные точки и транспортные линии РР «Белянка» в зависимости от сезона посещения. В рамках определения комплексного опорного каркаса территории РР «Белянка» в качестве основы использована классификация центров туризма, предложенная Д.А. Дириным в части определения ареалов, ядер, осей и локусов [14]. При этом под ареалами предлагается понимать

определенные районы, классифицируемые по основным целям посещения. Ареалы включают в себя не только режимные зоны РР «Белянка», но и граничащие с резерватом территории. В качестве ядер 1-го ранга понимаются населенные пункты опорного каркаса расселения, имеющие взаимосвязь с ареалами. Ядрами 2-го ранга являются оборудованные места длительных остановок (проживания) – узловые центры на территории наложения границ всех трех ареалов. Ядра 3-го ранга выражены в виде мест длительных остановок (проживания), являющихся центрами одного ареала. Локусы представляют собой отдельные аттрактивные места посещений.

В результате проведенного комплексного исследования выявлен опорный каркас территории РР «Белянка», состоящий из разных видов каркаса, таких как каркас расселения, экологический каркас и туристско-рекреационный каркас. Исходя из целей посещения РР «Белянка» и граничащих с резерватом территорий на рис. 1 выделено 3 ареала каркаса: охоты на водоплавающую дичь, подледной рыбалки и активной рекреации. Ядра 1-го ранга: с. Булус, с. Батамай, с. Ситте, пгт Сангар. Ядра 2-го ранга: турбаза «Остров Тайменный», кордон «Усть-Белянский». Ядра 3-го ранга: кордон «Белянка», изба «Дом охотника», кордон «Некада», кордон «Белозерский», турбаза «Туйгин Кэмп», привал «На полпути», изба «У истока». Локусы – остальные объекты, инвентаризированные в ходе полевых исследований. Выявлено 3 вида осей в зависимости от сезона передвижения: проселочные пути, водные маршруты и автозимник (рис. 1).

Изучение опорного каркаса РР «Белянка» способствовало выявлению положи-

тельных и отрицательных факторов устойчивого развития территории. Определение 26 фактически существующих центров посещения выбранной территории раскрывает ее потенциал. Ядра 1-го и 2-го ранга являются точками роста и представляют собой готовые центры развития всего резервата. Отсутствие круглогодичного транспортно-сообщения всех узловых элементов каркаса, несомненно, является фактором, ограничивающим развитие территории.

Инвентаризация туристических объектов показала расположение 20% всех туристических объектов в зоне абсолютного покоя резервата, где запрещена любая хозяйственная деятельность. 17% всех объектов расположены в верховьях р. Белянка вне территории резервата. Наблюдения за передвижением туристов выявили закономерность нарушений норм Положения РР «Белянка» в части ограничения посещений запретной зоны. Туристы мотивированы увидеть горные массивы, что невозможно осуществить в пределах зоны традиционного природопользования. Объекты, расположенные в зоне абсолютного покоя, фактически являются узловыми центрами опорного каркаса РР «Белянка» и пользуются популярностью среди туристов. С точки зрения устойчивого развития территории РР «Белянка» актуальным представляется рассмотрение возможности включения в зону традиционного природопользования береговой зоны р. Белянка, на которой расположены элементы опорного каркаса резервата.

Заключение

В ходе исследования были изучены разные виды опорного каркаса территории. При построении каркаса РР «Белянка» применен комплексный подход путем наложения элементов разных опорных каркасов территории и соединения их в одно целое. Особенность определения каркаса РР «Белянка» заключается в выявлении целей посещения на основании обработки статистической информации. Впоследствии определены опорные центры и оси резервата, осуществлено районирование территории по целям посещения. Предложено проведение дополнительных исследований на предмет возможности изменения режимной зоны с точки зрения устойчивого развития данной территории.

Определение ареалов, узловых элементов и локусов каркаса раскрывает потенциал развития территории. Инвентаризиро-

ванные объекты опорного каркаса резервата являются основой для паспортизации туристических дестинаций. Проведенная работа способствует формированию новых целей и задач стратегического развития региона и выделению отдельной территории с собственным каркасом и огромным потенциалом для территориального планирования.

Список литературы

1. Мажар Л.Ю. Научно-методические основы освоения туристского пространства // Геополитика и экогодинамика регионов. 2021. Т. 7, № 3. С. 78–86.
2. Мажар Л.Ю. Территориальные туристско-рекреационные системы: теория и практика формирования // Вопросы географии. Теория и практика туризма. 2014. № 139. С. 62–79.
3. Межрегиональный туристский проект «Западный фасад России» / Науч. ред. В.М. Котляков. Смоленск: Свиток, 2020. 240 с.
4. Кружалин В.И., Мажар Л.Ю. Теория и практика разработки межрегиональных туристских проектов // Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества. 2021. Т. 11. С. 100–105.
5. Власов А.Г., Воронин В.В., Васильева Д.И., Мост Е.С. Опорный каркас развития территории // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 2. С. 41–49.
6. Баранский Н.Н. Об экономико-географическом изучении городов // Экономическая география. Экономическая картография. М.: Географгиз, 1956. 168 с.
7. Лаппо Г.М. Концепция опорного каркаса территориальной структуры народного хозяйства: развитие, теоретическое и практическое значение // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1983. № 5. С. 16–28.
8. Шарыгин М.Д., Назаров Н.Н., Субботина Т.В. Опорный каркас устойчивого развития региона (теоретический аспект) // Географический вестник. 2005. № 1–2. С. 15–22.
9. Лаппо Г.М. Городские агломерации СССР – России: особенности динамики в XX в. // Российское экспертное обозрение. 2007. № 4–5. С. 6–9.
10. Кружалин В.И., Мажар Л.Ю., Котляков В.М. Теоретические основы развития туризма на межрегиональном уровне // Туризм и региональное развитие. 2020. № 1. С. 17–30.
11. Егоров С.С., Таюрская В.В. Ландшафтные исследования реки Белянка Кобяйского улуса для туристско-рекреационных целей // Республиканская молодежная научно-практическая конференция, посвященная празднованию 150-летия со дня рождения В.К. Арсеньева: Сборник научных трудов (Якутск, 19 октября 2022 г.). Якутск: Издательство Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 2023. С. 16–20.
12. Данилов Ю.Г., Дёгтева Ж.Ф., Егоров С.С., Таюрская В.В., Афанасьева Т.В. Исследование ландшафтов реки Белянки Кобяйского улуса в туристско-рекреационных целях // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2022. № 4. С. 85–95. DOI: 10.25587/SVFU.2022.28.4.008.
13. Егоров С.С. Текущее состояние развития туризма на ООПТ «Белянка» // Природные опасности: связь науки и практики: материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию Михаила Ивановича Сумгина (Саранск, 18–19 мая 2023 г.). Саранск: Издательство Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, 2023. С. 561–571.
14. Дирин Д.А. Опорный туристско-рекреационный каркас России и перспективы его развития // Современные проблемы сервиса и туризма. 2023. Т. 17, № 1. С. 49–63.

УДК 911:595.762.12
DOI

КАРАБИДОФАУНА (COLEOPTERA, CARABIDAE) ПРИДОРОЖНЫХ УРБОЦЕНОЗОВ ПОДМОСКОВНОЙ МЕЩЕРЫ

Зыков И.Е., Хотулева О.В., Завальцева О.А.

ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет», Орехово-Зуево,
e-mail: zikov-oz@yandex.ru, khotuleva@yandex.ru, z.olga1979@mail.ru

Отмечено снижение численности, уменьшение видового разнообразия, изменение состава жизненных форм жуков (Coleoptera, Carabidae) в придорожных урбоденотозах по сравнению с удаленными от авто-трасс биотопами. Количество доминантов с высоким индексом доминирования во всех локалитетах примерно одинаково, их основу составляют: *Calathus fuscipes*, *C. erratus*, *C. melanocephalus*, *Amara bifrons*, *Harpalus rufipes*. Увеличение индекса доминирования вместе с невысоким значением индекса видового разнообразия указывает на нестабильность системы. По биотопическому предпочтению во всех исследованных биотопах по видовому и численному обилию преобладают виды открытых пространств: лугово-полевые и полевые, в спектре жизненных форм по видовому обилию – зоофаги, по численному обилию – миксофитофаги. Биотопы, располагающиеся попарно, по обеим сторонам автодорог, обладают сходными индексами динамической плотности и заселяются эврибионтными, пластичными видами, легко адаптирующимися к разнообразным условиям. Дороги представляют собой своеобразное экологическое русло, вдоль которого насекомые могут широко распространяться. Автотрассы не являются для жуков непреодолимым препятствием. Однако отдельные замкнутые территории внутри кварталов застройки, ограниченные автомобильными дорогами, по-видимому, можно рассматривать как некие частично изолированные, островные местообитания.

Ключевые слова: карабидофауна, видовой состав, жизненные формы, индекс доминирования, биотопический предпочтением, урбоденотозы

CARABIDOFAUNA (COLEOPTERA, CARABIDAE) OF ROADSIDE URBANOCENOSES OF THE MOSCOW REGION MESHCHERA

Zykov I.E., Khotuleva O.V., Zavaltseva O.A.

State University of Humanities and Technology, Orekhovo-Zuyevo,
e-mail: zikov-oz@yandex.ru, khotuleva@yandex.ru, z.olga1979@mail.ru

There was a decrease in the number, a decrease in species diversity, a change in the composition of the life forms of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in roadside urban communities compared with biotopes remote from highways. The number of dominants with a high dominance index in all localities is approximately the same, they are based on: *Calathus fuscipes*, *C. erratus*, *C. melanocephalus*, *Amara bifrons*, *Harpalus rufipes*. An increase in the dominance index together with a low value of the species diversity index indicate the instability of the system. According to the biotopic preference, in all the studied biotopes, species and numerical abundance dominated by species of open spaces: meadow-field and field, in the spectrum of life forms by species abundance – zoophages, by numerical abundance – mixophytophages. Biotopes located in pairs on both sides of highways have similar dynamic density indices and populated by eurybiont, plastic species that easily adapt to diverse conditions. Roads are a kind of ecological channel along which insects can spread widely. Highways are not insurmountable obstacle for carabid beetles. However, separate enclosed territories within the building blocks, bounded by highways, apparently, can be considered as some partially isolated, insular habitats.

Keywords: carabidofauna, species composition, life forms, dominance index, biotopic preference, urban cenoses

Городской ландшафт имеет свою специфическую структуру. В городе можно встретить разные типы биотопов от рудеральных газонов, одиночных деревьев и кустарников до парков. Для большинства урбоденотозов характерна трансформация первичного рельефа и почвы и мозаичность расположения биотопов, границы которых часто определяются положением автотрасс.

Автотрассы в городе могут являться серьезным барьером для мезогерпетобионтов, к которым, среди прочих членистоногих, относятся и жуки (Coleoptera, Carabidae) [1]. В результате движения автотранспорта насекомые часто погибают на транс-

портных магистралях, дороги изолируют их местообитания, придавая последним островной характер [2]. Вместе с тем дороги образуют своеобразное экологическое русло, вдоль которого насекомые могут широко расселяться [3, 4].

Жуки являются достаточно удобной модельной группой для оценки экологического состояния биоденотозов, в том числе городских, так как обладают такими качествами, как большое видовое многообразие, невысокие миграционные способности, избирательность к почвенно-растительным условиям, разнообразие экологических связей, чувствительность многих видов к антропогенным воздействиям [5–7].

Известно, что качество среды обитания для почвенных насекомых в зоне расположения транспортных магистралей, как правило, ухудшается из-за краевых эффектов, уплотнения почвы, химического загрязнения и может отражаться на присутствии видов, их численности или демографических параметрах. В частности, в наших исследованиях карабидофауны в придорожных станциях, по сравнению с ценозами в глубине жилых кварталов, наблюдались изменения таких параметров, как численность, видовое разнообразие, состав жизненных форм. Природные островные группировки в селитебных ландшафтах, как правило, подвергаются комплексному антропогенному воздействию. Помимо автотранспорта на биоту здесь оказывают влияние выбросы промышленных предприятий, городских котельных. В ряде городских микроченозов наблюдается значительное уплотнение почвы и эрозийные процессы, в результате вытаптывания и регулярного скашивания травы. Таким образом, можно утверждать, что результаты исследований, полученные рядом карабидологов при исследовании придорожных локалитетов в природных ландшафтах, не всегда коррелируют с данными изучения придорожных урбоченозов [8–10].

Целью работы является эколого-фаунистическое исследование особенностей структуры, закономерностей формирования и изменения карабидофауны придорожных биотопов в условиях города и оценка состояния и устойчивости экосистем.

Материалы и методы исследования

Сбор материала осуществлялся по стандартной методике ловушками Барбера в г. Орехово-Зуево Московской области. Ловушки экспонировались с июня по сентябрь 2022 г. Ловушки располагали по двум трансектам в направлении от центра города по обеим сторонам автотрасс с четырехполосным (трансекта 1) и двухполосным (трансекта 2) движением транспорта. Длина трансекты 1 – 1,3 км, трансекты 2 – 0,8 км. Локалитеты имели примерно одинаковые условия обитания и представляли собой элементы благоустройства придомовых территорий с травянистой и древесной растительностью. Правые стороны трансект 1 и 2 располагались перпендикулярно друг к другу и являлись границами жилого квартала. Для характеристики населения жуужелиц использовались следующие критерии: видовой состав, структура доминирования, экологическая структура по биотопическому

спектру жизненных форм. Видовое разнообразие комплексов жуужелиц придорожных биоченозов оценивалось с помощью статистических методов [11].

Результаты исследования и их обсуждение

За время проведения исследований отработано 106 ловушко-суток, собрано 5940 экземпляров жуужелиц, относящихся к 14 родам и 34 видам. Данные по фауне жуужелиц придорожных биотопов и структуре доминирования представлены в табл. 1.

Доминантные виды определялись с помощью индекса Бергера – Паркера. Анализ структуры доминирования проводился с использованием следующих градаций: к доминантным отнесены виды, обилие которых составляет более 5% от общего числа жуужелиц, к субдоминантным – 2–5%, к рецедентным – менее 2%. Динамическая плотность жуужелиц выражена в числе экземпляров на 10 ловушко-суток. Наибольшая абсолютная численность жуужелиц отмечена в биотопах вдоль трансекты 1.

Оценка степени доминирования показала, что количество доминантов во всех локалитетах было примерно одинаковым, их основу составили 5 видов: *Calathus fuscipes*, *C. erratus*, *C. melanocephalus*, *Amara bifrons*, *Harpalus rufipes* (табл. 2). В некоторых биоченозах индекс доминирования может принимать достаточно высокие численные значения, что вместе с невысокими показателями индекса видового разнообразия указывает на нестабильность системы.

По биотопическому преферентуму во всех исследованных биотопах по видовому и численному обилию преобладали виды открытых пространств: лугово-полевые и полевые, а также лесные пластичные виды. В качестве супердоминантов практически во всех станциях присутствовали полевой вид *H. rufipes*, лугово-полевой *A. bifrons*, лесные *P. melanarius* и *C. melanocephalus*.

Спектр жизненных форм в придорожных биотопах в значительной степени обеднен. По видовому обилию в исследованных местообитаниях преобладали зоофаги, преимущественно подстилочные и подстильно-почвенные виды. Основу подстилочной группы по численности составляли *C. melanocephalus* и *C. erratus*, в более ксерофитном биотопе вдоль трансекты 2 по правой стороне к ним добавился *C. fuscipes*. Подстильно-почвенная группа была представлена экологически пластичным *P. melanarius* более многочисленным вдоль трансекты 1.

Таблица 1

Видовой состав, структура доминирования населения жуужелиц придорожных урбоценозов

№	Виды	Трансекта 1		Трансекта 2	
		правая сторона	левая сторона	правая сторона	левая сторона
1	<i>Carabus nemoralis</i> Müller	–	0,2	–	–
2	<i>Notiophilus biguttatus</i> F.	–	0,3	–	–
3	<i>Notiophilus palustris</i> Duft.	–	–	2,3	–
4	<i>Brosicus cephalotes</i> L.	–	–	–	0,6
5	<i>Bembidion quadrimaculatum</i> L.	–	–	–	–
6	<i>Poecilus lepidus</i> Leske	4,4	1,6	3,8	6,3
7	<i>Poecilus versicolor</i> Sturm.	1,2	0,2	–	1,4
8	<i>Pterostichus niger</i> Schall.	–	–	1,6	–
9	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> F.	–	–	0,5	0,4
10	<i>Pterostichus melanarius</i> Jll.	11,8	5,4	7,8	–
11	<i>Calathus fuscipes</i> Gz.	2,4	4,2	5,7	–
12	<i>Calathus erratus</i> Sahlb.	9,1	7,3	6,1	8,2
13	<i>Calathus melanocephalus</i> L.	8,6	39,2	14,2	12,3
14	<i>Calathus halensis</i> Schall.	0,2	–	–	–
15	<i>Synuchus vivalis</i> Jll.	1,2	1,3	2,0	0,7
16	<i>Amara plebeja</i> Gyll.	1,2	0,2	3,0	–
17	<i>Amara eurynota</i> Panz.	–	–	0,2	–
18	<i>Amara spreta</i> Dej.	0,4	0,2	1,5	1,8
19	<i>Amara bifrons</i> Gyll.	12,5	5,4	10,7	34,5
20	<i>Amara consularis</i> Dufit.	–	–	0,8	0,4
21	<i>Amara fulva</i> Deg.	1,8	4,8	3,5	14,9
22	<i>Amara majuscula</i> Chaud.	–	1,0	0,5	0,7
23	<i>Curtonotus aulicus</i> Panz.	–	–	0,5	1,1
24	<i>Harpalus rufipes</i> Deg.	39,6	21,5	30,7	14,5
25	<i>Harpalus tardus</i> Panz.	1,6	0,4	0,5	–
26	<i>Harpalus xanthopus</i> Gemm.	–	–	–	0,3
27	<i>Harpalus affinis</i> Schr.	1,8	0,3	0,5	2,2
28	<i>Harpalus distinguendus</i> Duft.	–	0,3	–	–
29	<i>Harpalus latus</i> L.	0,2	0,2	2,6	0,7
30	<i>Acupalpus flavicollis</i> Sturm.	–	–	0,5	–
31	<i>Badister bipustulatus</i> F.	0,2	0,2	0,5	–
32	<i>Badister lacertosus</i> Sturm.	0,2	–	–	–
33	<i>Badister unipustulatus</i> Bon.	0,2	–	–	–
34	<i>Loricera pilicornis</i> F.	–	0,2	–	–
	Количество видов	19	21	23	17
	Абсолютная численность	1136	1267	448	688

Численное обилие миксофитофагов увеличивается в стациях со слабо нарушенным травянистым покровом, что связано с трофической специализацией жуужелиц. Наибольшее количество миксофитофагов отмечено с правой стороны вдоль трансекты 2.

В течение июня ловушки по правым сторонам трансект 1 и 2 не заливались формалином. Выборка ловушек производилась 2 раза

в день (утром и вечером), особой метили и выпускали. С июля меченые особи начали встречаться по обеим сторонам дороги, но в незначительных количествах. Наибольшей мобильностью обладали лишь три вида: *C. erratus*, *C. melanocephalus*, *H. rufipes*. По-видимому, транспортные автомагистрали хотя и являются препятствием к миграции жуужелиц, но не изолируют полностью местообитания.

Таблица 2

Доминантные виды жуужелиц городских ландшафтов

№	Доминантные виды	Трансекта 1		Трансекта 2	
		правая сторона	левая сторона	правая сторона	левая сторона
1	<i>Poecilus lepidus</i> Leske	+	-	+	++
2	<i>Pterostichus melanarius</i> Ill.	++	++	++	-
3	<i>Calathus fuscipes</i> Gz.	+	+	++	+
4	<i>Calathus erratus</i> Shalb.	++	++	++	++
5	<i>Calathus melanocephalus</i> L.	++	++	++	++
6	<i>Amara bifrons</i> Gyll.	++	+	++	++
7	<i>Amara fulva</i> Deg.	-	+	+	++
8	<i>Harpalus rufipes</i> Deg.	++	++	++	++

Примечание: ++ – доминантные виды; + – субдоминантные виды.

Таблица 3

Разнообразие сообществ жуужелиц различных биотопов

Исследованные биотопы		Индексы α -разнообразия					
		Динамическая плотность	Видового разнообразия Симпсона (D)	Видового разнообразия Шеннона (H)	Полидоминантности (1/D)	Вероятность межвидовых встреч (1-D)	Индекс уникальности (w)
Трансекта 1	левая сторона	23,7	0,21	3,29	4,76	0,79	0,32
	правая сторона	26,4	0,26	2,21	3,85	0,74	0,58
Трансекта 2	левая сторона	10,2	0,14	2,93	7,14	0,86	0,20
	правая сторона	14,3	0,17	1,72	5,88	0,83	0,50

Для характеристики структуры популяций жуужелиц внутри каждой из исследованных локаций использовались следующие индексы оценки α -разнообразия: видового разнообразия Шеннона (H) и Симпсона (D), уникальности видов, полидоминантности, вероятности межвидовых встреч и динамической плотности (табл. 3).

Анализ данных динамической плотности показал, что биотопы, располагающиеся попарно, по обеим сторонам автодороги, обладают сходными индексами. Они достаточно низкие для биотопов вдоль трансекты 2, и более высокие – вдоль трансекты 1.

Как известно, индекс Шеннона обладает хорошей дискриминантной способностью и мало зависит от размера выборки, индекс Симпсона (D) придает больший вес массовым видам.

Исходя из данных табл. 3, индексы Шеннона и Симпсона принимали относительно высокие значения по обеим сторо-

нам трансекты 1, что, возможно, связано с наличием достаточного количества мест для укрытия. С левой стороны трансекты 1 расположен небольшой сквер, с правой стороны у жуужелиц имеется возможность мигрировать вглубь микрорайона. Популяции жуужелиц по левым сторонам вдоль трансекты 1 и 2 наиболее обособлены от остальных местообитаний, что дополнительно подтверждается в экспериментах с мечеными особями. Комплексы жуужелиц, обитающие в биотопах вдоль трансекты 1, подвергались более сильному антропогенному воздействию. Здесь было обнаружено всего 4 доминантных вида с высоким индексом доминирования от 11,9 до 41,2.

Для оценки степени выровненности популяции применялись индексы полидоминантности Вильямса и вероятности межвидовых встреч. Наибольшие значения указанные индексы имели в биотопах вдоль трансекты 2. Эти местообитания представ-

ляли собой палисадники вдоль многоэтажных домов, засаженные декоративными кустарниками и травянистыми растениями. Выкашивания этих территорий не производилось. Наибольшие значения индекса уникальности отмечались в биотопах с правых сторон трансект 1 и 2, отделенных друг от друга и от двух других локаций транспортными магистралями. Такое распределение подтверждает преимущественное взаимодействие комплексов жужелиц внутри кварталов по сравнению с комплексами видов, разделенных автотрассами.

Заключение

Видовое разнообразие в основном зависит от почвенно-растительных условий биоценозов и наличия мест для укрытия. Близость автотрасс в городских условиях хотя и оказывает незначительное влияние на комплексы жужелиц, полностью не исключает взаимодействия популяций. Видовое разнообразие в придорожных локалитетах поддерживается в основном за счет миграций жужелиц внутри микрорайона, ограниченного автомобильными дорогами. Экологическая структура городского населения жужелиц характеризуется преобладанием видов открытых пространств, что отражает микростациональную структуру районов застройки. Появление лесных видов в придорожных биоценозах зависит от степени озеленения территории и режима влажности биотопа. Численное обилие миксофитофагов в стациях, расположенных вдоль автотрассы, увеличивается в биотопах с более развитой травянистой расти-

тельностью, что связано с трофической специализацией жужелиц.

Список литературы

1. Якушкина М.Н., Малькова А.С. Влияние автомобильного транспорта на видовой состав и численность жужелиц придорожных биотопов // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 1 (26). С. 129–134.
2. Клауснитцер Б. Экология городской фауны. М., 1990. 246 с.
3. Бутовский Р.О. О некоторых методических проблемах городской энтомологии // Охрана окружающей среды и природопользование. 2015. № 1. С. 33–46.
4. Tamayo P., Pascual F., Megías A.G. Effects of roads on insects: a review // Biodiversity and Conservation, 2014. Vol. 24 (3). P. 659–682.
5. Rebrina F., Petek M., Gulín V., Brigi A. Ground beetle assemblages respond to motorway proximity through changes in functional rather than taxonomic diversity in a grassland ecosystem // Global Ecology and Conservation. 2022. Vol. 38.
6. Deppe F., Fischer K. Landscape type affects the functional diversity of carabid beetles in agricultural landscape // Insect Conservation and Diversity. 2023. Vol. 16, Is. 4. P. 441–450.
7. Багирова И.А. Роль жужелиц в естественных и антропогенных экосистемах самурского бассейна. Влияние хозяйственной деятельности человека на население жужелиц. Редкие виды жужелиц // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 5 (5). С. 1664–1668.
8. Протченко А.А., Галиновский Н.Г. К изучению сообществ жужелиц (Coleoptera, Carabidae) некоторых прибрежных экосистем Гомельской области с разной степенью рекреационной нагрузки // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. 2022. № 6 (135). С. 50–55.
9. Романкина М.Ю., Иванова Е.Н. Изучение разнообразия населения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лесополосах Тамбовской области // Тенденция развития науки и образования. 2021. № 79–1. С. 98–100.
10. Zykov I., Khotuleva O., Egorova G. The Estimation of the Initial Stage of Succession of Green-pine Trees Windfall in the Eastern Moscow Suburbs. International Applied Research Conference: Biological Resources Development and Environmental Management. 2020. P. 860–867.
11. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М., 1992. 178 с.

ТЕНДЕНЦИИ ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ ВОД ИЗ МОСКВЫ-РЕКИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Козлов А.В., Жевнеров А.В., Аникина Д.С.

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»,
Москва, e-mail: a.kozlov@rgau-msha.ru*

Представлен первичный эколого-гидрохимический и геохимический анализ воды из Москвы-реки, протекающей в условиях экологического каркаса г. Москвы. Исторически сложившееся хроническое антропогенное воздействие на природные объекты МКАД-кольца сформировало определенный статус естественных характеристик и продолжает оказывать свое влияние в сезонной динамике. К числу данных объектов относятся и часть русла реки, протекающая сквозь городскую территорию столичного мегаполиса, практически все административные округа которого неизбежно оказывают свое комплексное техногенное воздействие на геоэкологическое состояние вод в реке. Пробы отбирались в ранневесенний сезон 2023 г. по течению Москвы-реки в пределах МКАД, в которых определялся широкий спектр экологически и геохимически значимых показателей – pH и минерализация, базовые элементы катионно-анионного состава и биогенного фона, показатели биохимического состояния, некоторые экотоксиканты, а также элементы базового геохимического фона территории. Из полученных данных следует, что воды Москвы-реки характеризуются нейтральной реакцией среды (6,46–7,66 ед. pH), средним уровнем варьирования общей минерализации (275–803 мг/л), карбонатной жесткости (1,6–4,7 мг-экв./л), содержания гидрокарбонатов (57–167 мг/л), сульфатов (66–255 мг/л) и хлоридов (12–40 мг/л). Среди веществ биогенного фона несколько выделяется уровень содержания аммонийного азота (до 1,27–1,45 мг/л), а среди показателей биохимического состояния воды – перманганатная окисляемость (до 14,1–18,3 мг/л) и БПК₅ (6,93–7,73 мг/л). При этом уровень концентрации растворенного кислорода в водах достаточно высокий (до 8,96–9,68 мг/л), что свидетельствует об оптимальной самоочищающей способности водотока. Содержание исследуемых экотоксикантов в водах не выходит за пределы ПДК (по Cu – 58%, по As – 9%, исключение Zn – 136%), а концентрация элементов геохимического фона территории (Si, K, Ca, Mg, B) является типичной для данного сезона пробоотбора. Для определения закономерностей в эколого-гидрохимических и геохимических показателях необходим их комплексный и сезонный анализ.

Ключевые слова: природные воды, Москва-река, эколого-гидрохимическая и геохимическая характеристика водотока, тенденции уровня значений и вариабельности показателей, экологический каркас города, хроническое загрязнение вод суши

THE TRENDS IN ECOLOGICAL, HYDROCHEMICAL AND GEOCHEMICAL INDICATORS OF NATURAL WATERS FROM THE MOSKVA-RIVER IN CONDITIONS OF THE CENTRAL URBAN AGGLOMERATION

Kozlov A.V., Zhevnerov A.V., Anikina D.S.

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru*

A primary ecology-hydrochemical and geochemical analysis of water from the Moskva river, flowing in conditions of ecological framework of Moscow, is presented. Historically established chronic anthropogenic impact on natural objects of the Moscow Ring Road has formed a certain status of natural characteristics and continues to exert its influence in seasonal dynamics. These objects also include a part of river bed flowing through urban territory of metropolitan metropolis, almost all administrative districts of which inevitably exert their complex technogenic impact on geo-ecological state of waters in river. Samples were taken in early spring season of 2023 along the Moskva river within the Moscow Ring Road, in which a wide range of environmentally and geochemically significant indicators were determined – pH and mineralization, basic elements of the cation-anion composition and biogenic background, indicators of biochemical state, some ecotoxicants, as well as elements of basic geochemical background of the territory. Based on data obtained, it follows that waters of the Moskva river are characterized by a neutral reaction of the environment (6,46–7,66 pH units), an average level of variation in total mineralization (275–803 mg/l), carbonate hardness (1,6–4,7 mg-equiv./l), content of bicarbonates (57–167 mg/l), sulfates (66–255 mg/l) and chlorides (12–40 mg/l). Among substances of biogenic background, level of ammonia nitrogen content (up to 1,27–1,45 mg/l) stands out somewhat, and among indicators of biochemical state of water – permanganate oxidation (up to 14,1–18,3 mg/l) and BOD₅ (6,93–7,73 mg/l). At the same time, level of dissolved oxygen concentration in waters is quite high (up to 8,96–9,68 mg/l), which indicates optimal self-purifying ability of watercourse. The content of the studied ecotoxicants in waters does not exceed maximum permissible concentration (for Cu – 58%, for As – 9%, excluding Zn – 136%), and concentration of elements of geochemical background of the territory (Si, K, Ca, Mg, B) is typical for of a given sampling season. To determine patterns in ecological, hydrochemical and geochemical indicators, their complex and seasonal analysis is necessary.

Keywords: natural waters, the Moskva river, ecological, hydrochemical and geochemical characteristics of the watercourse, trends in the level of values and variability of indicators, the ecological framework of the city, chronic pollution of land waters

Фундаментальная гидрохимия изучает химическое состояние поверхностных и подземных вод литосферы, их физико-химические превращения и особенности влияния на них различных внешних факторов [1, с. 26–32]. Ее современные научные ответвления – экологическая гидрохимия и геоэкология – одним из приоритетных предметов исследования вод обозначают явления техногенеза и различного рода антропогенные воздействия как наиболее активные и широко распространенные внешние факторы, оказывающие существенное влияние на эколого-химическое качество и общее геоэкологическое состояние водных объектов [2, с. 175–179; 3, с. 52–53]. По этим причинам крупные водотоки антропогенно преобразуемых территорий являются наиболее массово изучаемыми экологическими объектами современной геоэкологии [4–6].

Москва-река не является исключением, ее воды исторически одни из наиболее интересных и сложных объектов изучения с точки зрения экологической гидрохимии, причиной чему является множество естественных и социально-техногенных факторов [7, с. 38–42; 8, с. 52–53; 9]. Равнинные ландшафты Южной тайги, где протекает как сам столичный водоток, так и его основные крупные притоки (р. Руза, Истра, Пахра, Северка и др.) определяют такие природные свойства воды, как достаточно низкая минерализация растворимыми солями кальция, магния и в ультрамалых концентрациях – калия, как правило «мягкий» уровень гидрокарбонатной и сульфатно-гидрокарбонатной жесткости, достаточно высокие значения химического потребления кислорода, обуславливаемые присутствием в водах водорастворимых гуматов, вымываемых из подзолов и дерново-подзолистых почв, а также значительного уровня концентрации растворенного и биологически активного кислорода, которые фоновым уровнем всегда присутствуют в водах территорий северо-западной и средней полосы России [10; 11, с. 519; 12].

Москва, как один из первых городов центральных агломераций Российской Федерации, закономерно и исторически характеризуется высокой антропогенной нагрузкой на окружающую их природную среду. В число данной нагрузки входит промышленная деятельность, среди которой имеет место ряд крупных градообразующих предприятий металлургического и сталелитейного, пищевого и перерабатывающего, абразивно-инструментального, вагоно-

строительного, фармацевтического и биотехнологического профиля (более 170 видов производств). По состоянию на 2019 г. в пределах Москвы расположено 209 промышленных зон общей площадью 7,8 тыс. га, что составляет примерно 16% территории города [13, с. 41]. Селитебные территории, крупными жилищно-коммунальными застройками которых представлены в основном Северный, Юго-Западный, Южный и Юго-Восточный административные округа г. Москвы, неизбежно вносят свой вклад в общую антропогенную нагрузку на природные условия в городском строительстве. А также собственно и рекреационные зоны, функционал которых, с одной стороны, отчасти способствует нейтрализации токсикологического фона от выбросов и иных отходов местной промышленности. Однако при этом их длительный эколого-техногенный след сводится к хроническому аккумулярованию поллютантов, инвазивно поступающих от транспортной сети города и промышленных зон в виде газо-пылевых выбросов. Так, к наиболее значимым лесным рекреационным массивам г. Москвы, которым присвоен статус особо охраняемых природных территорий, относятся природные парки «Москворецкий» и «Тушинский», природно-исторические парки «Измайлово» и «Покровское-Стрешнево», природные заказники «Долина реки Сетунь» и «Воробьевы горы», ландшафтные заказники «Теплый Стан» и «Крылатские холмы», а также комплексный заказник «Петровско-Разумовское» [7, с. 134–140; 13, с. 48].

Экологический каркас города Москвы сложен и устроен наложением влияния от множества как промышленных объектов, так и рекреационных территорий, перемежающихся селитебными зонами и транспортной сетью. Вся совокупность данных факторов неизбежно определяет изменения, происходящие в природных объектах, в том числе в таких экологически значимых, как крупные водотоки сквозного типа прохождения через городской экологический каркас. По этим причинам проведение экологической оценки состояния рассматриваемых водных объектов является одним из актуальных исследований регионального экологического мониторинга [8, с. 10–11; 13, с. 168–173].

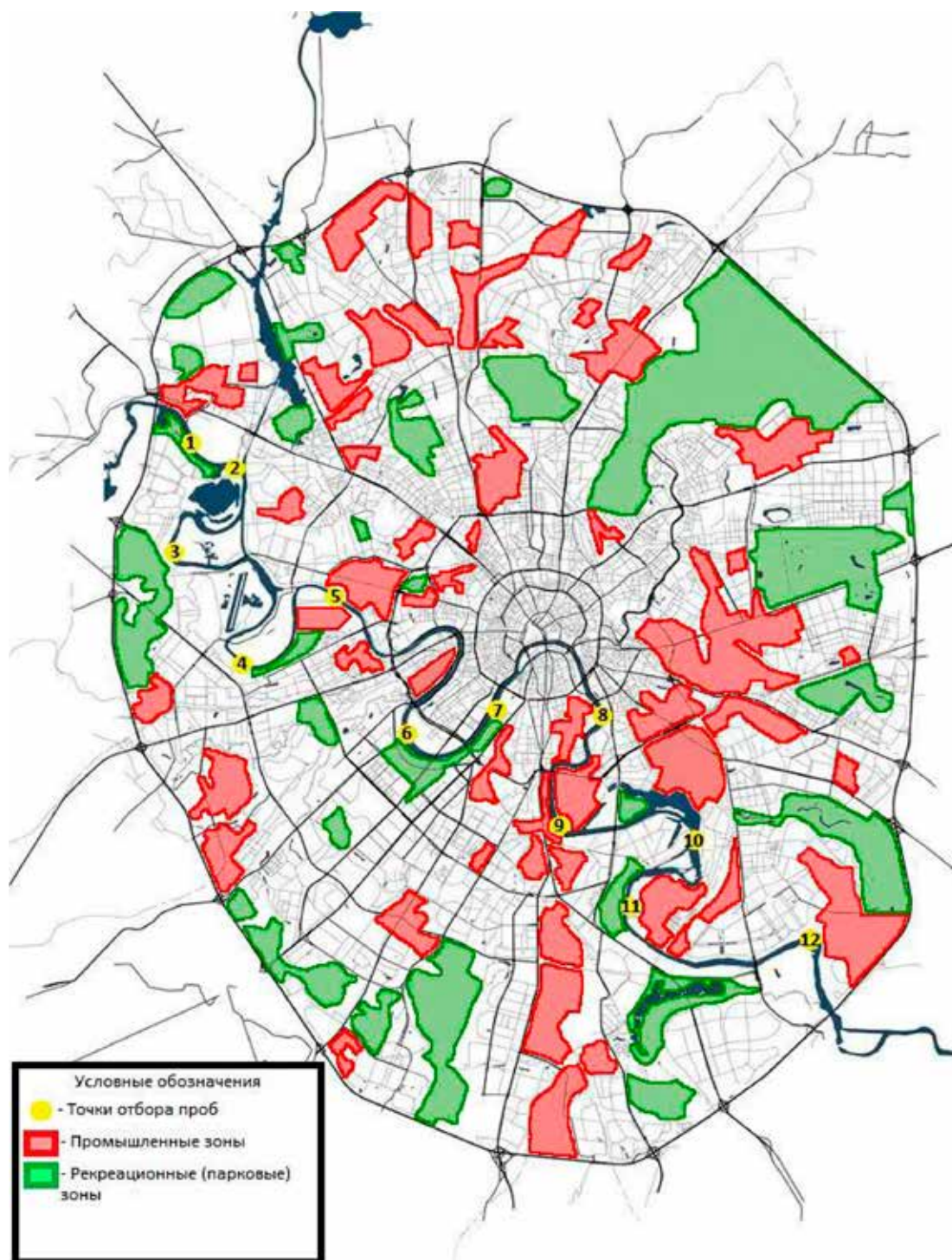
Цель работы – выявление тенденций в эколого-гидрохимических показателях воды из части русла Москвы-реки, проходящей в Центральной агломерации города Москвы.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явились воды из Москвы-реки, отобранные в пределах МКАДа практически равномерно по ее течению из 12 точек (рисунок).

Отбор проб проводили в весенний период 2023 г. по ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб», ГОСТ

17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков» и Р 52.24.353-2012 «Рекомендации по отбору проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод» при помощи стандартного гидрологического багетметра БГ-1,0.



Территориальное размещение промышленных и рекреационных зон г. Москвы и расположение точек отбора проб воды из Москвы-реки в пределах МКАД

Далее пробы воды доставлялись в лабораторные комплексы РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, где над ними проводили ряд эколого-аналитических испытаний в течение первой недели после отбора. В пробах определяли следующие показатели: рН – потенциометрия, общая минерализация – кондуктометрия, содержание сульфатов, общей жесткости, хлоридов, аммонийного азота, гидрокарбонатов, ХПК (по перманганатной окисляемости), растворенного кислорода и БПК₇ – титриметрия, содержание нитратного азота, общего железа и полифосфатов – спектрофотометрия в видимой части спектра, содержание мышьяка, кремния, калия, кальция, магния и бора – атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, содержание цинка и меди – атомно-абсорбционная спектрометрия с беспламенной атомизацией. Нормативно-аналитическое сопровождение выполняемых анализов соответствовало современным, в том числе стандартизированным методическим документам [1, с. 56–87; 14, с. 63–134].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных исследований была определена нейтральная реакция среды у вод Москвы-реки, изменяющаяся от очень слабокислой (6,46 ед. рН) до слабощелочной (7,66 ед. рН), при этом статистическая вариабельность показателя в пределах всех 12 точек отбора проб была минимальной (табл. 1).

По степени насыщения растворенными солями воды характеризовались в целом как пресные (от 254 до 487 мг/л), за исключением значений по точкам 1 и 12, где концентрация составила соответственно 510 и 803 мг/л (воды с относительно повышенной минерализацией). Варьирование данного показателя находилось на приемлемом уровне кроме значений, полученных по точкам отбора 8 и 10, – здесь диапазон колебания достигал 23–34%, что говорит о некоторой временной химической неоднородности вод в реке.

Таблица 1

Уровень общих эколого-гидрохимических свойств, состава базовых катионов и анионов по воде из Москвы-реки

№ точки	Общие свойства и катионно-анионный состав макрокомпонентов											
	рН, ед. рН		Минерализация, мг/л		Жесткость, мг-экв./л		HCO ₃ ⁻ , мг/л		SO ₄ ²⁻ , мг/л		Cl ⁻ , мг/л	
	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %
1	6,89	0	510	1	2,9	2	132	6	96	24	13	6
2	6,46	1	275	8	1,6	5	57	7	72	13	14	8
3	7,62	1	323	3	3,1	6	130	5	70	20	12	3
4	7,56	1	316	2	3,1	8	134	5	74	47	13	3
5	6,68	1	344	4	2,9	3	128	4	95	13	22	6
6	6,88	0	451	1	3,1	8	133	5	206	32	19	4
7	6,77	0	377	2	3,0	3	142	8	66	31	22	7
8	6,78	6	254	23	2,3	11	88	16	79	16	21	9
9	6,77	1	373	3	2,8	5	136	4	106	64	22	8
10	7,14	2	487	34	2,2	40	117	30	255	72	18	6
11	7,66	1	567	4	4,3	10	167	7	150	23	38	9
12	7,44	1	803	4	4,7	6	135	10	98	21	40	6
ПДК*	6,5-8,5		1000		7		500		500		350	

Примечание: X-ср. – среднее арифметическое значение показателя по трем единичным отборам проб из 1-й точки забора;

V, % – коэффициент вариации показателя в пределах трех значений повторностей;

*ПДК – предельно допустимая концентрация согласно ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», ГН 2.1.5.2280-07 Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Аналогичным образом менялся показатель и общей жесткости в водах: по точкам 8 и 10 прослеживалась заметная вариабельность показателя (до 11–40%), минимальное значение было выявлено в точке 2 (1,6 мг-экв./л), максимальное – в последних точках 11 и 12 (4,3–4,7 мг-экв./л). Сами воды характеризовались как мягкие и средней жесткости. Нужно отметить, что данные показатели не выходили за пределы установленных предельно допустимых норм.

Катионно-анионный состав вод из Москвы-реки, анализированный по содержанию гидрокарбонат-, сульфат- и хлорид-анионов, в целом оказался приемлемым для вод Нечерноземной полосы России [1, с. 24–28; 11, с. 519] и не отличался существенными колебаниями в продолжение своего водотока. В частности, содержание гидрокарбонатов достигало 167 мг/л, что соответствовало 33% от установленной ПДК, содержание сульфатов – 206–255 мг/л (41–51% от ПДК), а концентрация хлоридов – 38–40 мг/л (11% от ПДК). Здесь важно отметить несколько повышенную вариабельность по содержанию HCO_3^- -иона, достигавшую 16–30%, а также по содержанию SO_4^{2-} -иона, достигавшую 47–64%. Чего нельзя сказать про статистическое варьирование концентрации хлорид-ионов в водах, которое было в пределах 10% и на протя-

жении Москвы-реки в городском округе существенно не изменялось. Очевидно, что данные гидрохимические характеристики подвержены антропогенному изменению, вследствие чего требуют отдельного экологического изучения в части выявления источников, потенциально влияющих на уровень их значений.

Уровень содержания в водах водотока биогенных элементов (катион NH_4^+ , анионы NO_3^- и PO_4^{3-}) имел свои эколого-гидрохимические особенности (табл. 2). Так, относительно повышенными значениями характеризовались концентрации аммонийного азота, которые в городских пределах течения реки изменялись от 0,60 мг/л (32% от ПДК) до 1,45 мг/л (76% от ПДК). Уровень содержания нитратной формы азота, наоборот, был относительно заниженным и варьировал от 0,44 до 3,35 мг/л, что составляло соответственно 0,9–7,4% от установленной нормы. Концентрация фосфат-анионов в водах также оказалась достаточно низкой – в диапазоне 0,07–0,41 мг/л (2–12% от ПДК). Здесь важно отметить, что в отличие от иных показателей эколого-гидрохимического состояния водотока пространственная вариабельность содержания рассматриваемых биогенных веществ была на достаточно высоком уровне (13–24% по NH_4^+ , 8–65% по NO_3^- и 14–95% по PO_4^{3-}).

Таблица 2

Уровень концентрации основных биогенных веществ и показателей биохимического состояния воды из Москвы-реки

№ точки	Состав воды по биогенным макрокомпонентам и биохимические свойства, мг/л											
	NH_4^+		NO_3^-		PO_4^{3-}		ХПК _{ПЕРМ.}		Раств. O ₂		БПК ₇	
	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %
1	0,90	24	2,29	34	0,14	22	8,5	49	9,04	2	6,24	9
2	1,26	15	0,44	65	0,07	60	1,6	26	8,88	1	6,93	1
3	0,93	23	2,57	8	0,16	26	14,1	2	8,96	6	6,96	11
4	0,95	23	1,84	8	0,09	95	5,5	3	8,96	1	6,21	3
5	1,26	14	2,88	51	0,13	14	17,9	8	8,80	2	6,70	2
6	0,91	22	3,35	8	0,14	80	18,3	30	8,56	1	4,96	4
7	1,08	17	2,19	22	0,41	56	6,8	48	8,32	1	6,17	5
8	1,24	16	1,26	10	0,13	21	10,6	80	8,88	3	6,88	6
9	1,27	18	1,71	31	0,20	85	3,6	31	8,24	1	6,29	1
10	1,11	24	1,81	18	0,08	76	6,4	23	9,68	1	7,73	3
11	0,60	13	2,08	15	0,19	81	12,2	11	9,31	5	7,21	7
12	1,45	23	3,26	26	0,06	64	12,0	19	8,96	3	6,56	4
ПДК	1,9		45		3,5		5,0		> 4,0		3,0 / 6,0	

Данные характеристики в целом могут свидетельствовать о наличии техногенного воздействия на состав Москвы-реки в пределах городской агломерации в виде сброса нормативно-очищенных сточных вод, которые неизбежно будут содержать определенные концентрации биогенных элементов [8, с. 52–53; 9].

Косвенным подтверждением не только присутствия биогенных веществ в водах, но и протекающих процессов химической и микробиологической трансформации органических веществ как природных, так и привнесенных водных примесей является достаточно высокий уровень показателей химического ($XPK_{\text{ПЕРМ}}$) и биологического (BPK_7) потребления кислорода. В частности, уровень перманганатной окисляемости воды по всем точкам отбора проб оказался выше установленной нормы в 1,1–3,7 раза за исключением значений по точке 2 (32% от ПДК) и точке 9 (72% от ПДК).

Такие данные могут свидетельствовать о тенденциях присутствия в водах легкоокисляемых органических веществ различного происхождения. Уровень биологического потребления кислорода, характеризующий микробиологическую активность разложения органических примесей в природных водах, варьировал от 83% ПДК (точка 6) до 129% от ПДК (точка 10), что, в свою оче-

редь, напрямую свидетельствует об очень активном протекании процессов биохимической трансформации органических веществ в водной среде, проводимых водообитающими микроорганизмами. Данным процессам способствует высокое содержание растворенного кислорода в водах реки (до 9,04–9,68 мг/л), что, с другой стороны, говорит о высокой самоочищающей способности водотока и в целом об относительно благополучном состоянии реки в пределах городской территории [3, с. 56, 65; 11, с. 34, 130, 180; 15].

Согласно данным табл. 3 в водах Москвы-реки закономерно присутствовал определенный уровень содержания общего железа, варьирующий от 21 до 58% от ПДК. Здесь нужно отметить, что данный элемент относится к одним из основных элементов геохимического фона гидрологических объектов Нечерноземной зоны, а его относительно невысокие концентрации являются нормой, поскольку закономерно присутствуют во всех пресных водных объектах территории Южной тайги [1, с. 24–29; 11, с. 170–171, 332–333].

Содержание меди в водах водотока может характеризоваться смешанным генезисом, поскольку данный элемент также присутствует в пресных водах территории смешанных и хвойных лесов, в особенности с болотным типом формирования микрорельефа.

Таблица 3

Уровень концентрации приоритетных экотоксикантов в водах Москвы-реки

№ точки	Содержание некоторых тяжелых металлов, железа и мышьяка, мг/л			
	Zn	Cu	Fe (общее)	As
	$X_{\text{ср.}} \pm S_{X_{\text{ср.}}}$ *	$X_{\text{ср.}} \pm S_{X_{\text{ср.}}}$	$X_{\text{ср.}} \pm S_{X_{\text{ср.}}}$	$X_{\text{ср.}} \pm S_{X_{\text{ср.}}}$
1	1,36 ± 0,50	0,56 ± 0,16	0,16 ± 0,05	0,0005 ± 0,0002
2	0,51 ± 0,19	0,21 ± 0,06	0,15 ± 0,04	0,0006 ± 0,0003
3	0,56 ± 0,21	0,23 ± 0,07	0,25 ± 0,03	0,0006 ± 0,0003
4	0,61 ± 0,22	0,25 ± 0,07	0,17 ± 0,02	0,0003 ± 0,0001
5	0,90 ± 0,33	0,37 ± 0,11	0,23 ± 0,03	0,0003 ± 0,0001
6	0,90 ± 0,33	0,37 ± 0,11	0,26 ± 0,04	<i>н.п.о.</i> **
7	1,14 ± 0,42	0,47 ± 0,14	0,36 ± 0,04	0,0009 ± 0,0004
8	1,26 ± 0,47	0,52 ± 0,15	0,07 ± 0,01	<i>н.п.о.</i>
9	1,21 ± 0,45	0,50 ± 0,15	0,19 ± 0,02	0,0004 ± 0,0002
10	1,41 ± 0,52	0,58 ± 0,17	0,11 ± 0,02	0,0003 ± 0,0001
11	1,14 ± 0,42	0,47 ± 0,14	0,28 ± 0,07	<i>н.п.о.</i>
12	1,36 ± 0,50	0,56 ± 0,16	0,13 ± 0,02	0,0003 ± 0,0001
ПДК	1,0	1,0	0,3	0,01

Примечание: * – среднее значение показателя ± стандартное отклонение показателя; ** – исследуемый показатель ниже предела обнаружения (н.п.о.) в соответствии с использованной методикой.

Таблица 4

Уровень концентрации базовых элементов геохимического фона
в водах Москвы-реки

№ точки	Элементы геохимического фона пресных вод Нечерноземной зоны, мг/л				
	Si	K	Ca	Mg	B
	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$
1	0,0625±0,0150	0,0796±0,0191	0,7170±0,1721	0,1835±0,0440	0,0014±0,0005
2	0,0279±0,0067	0,0434±0,0104	0,5158±0,1238	0,1106±0,0265	0,0008±0,0003
3	0,0239±0,0057	0,0854±0,0205	1,0559±0,1689	0,2619±0,0629	0,0010±0,0003
4	0,0500±0,0120	0,0613±0,0147	0,6498±0,1560	0,1686±0,0405	0,0005±0,0002
5	0,0706±0,0169	0,1230±0,0295	1,1124±0,1780	0,2752±0,0660	0,0007±0,0002
6	0,0685±0,0164	0,0987±0,0237	0,9829±0,2359	0,2308±0,0554	0,0006±0,0002
7	0,0708±0,0170	0,1314±0,0315	1,2030±0,1925	0,2811±0,0675	0,0006±0,0002
8	0,0483±0,0116	0,0958±0,0230	0,6983±0,1676	0,1673±0,0402	0,0005±0,0002
9	0,0288±0,0069	0,1012±0,0243	0,8601±0,2064	0,2053±0,0493	<i>н.п.о.</i>
10	0,0325±0,0078	0,0651±0,0156	0,5514±0,1323	0,1362±0,0327	<i>н.п.о.</i>
11	0,0772±0,0185	0,1414±0,0339	1,3506±0,2161	0,2918±0,0700	0,0008±0,0003
12	0,0195±0,0047	0,0385±0,0092	0,4026±0,0966	0,1007±0,0242	<i>н.п.о.</i>
ПДК	10	50*	200	50	0,5

Примечание: * – согласно Приказу Росрыболовства № 20 от 18.01.2010 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

В табл. 4 представлены концентрации элементов геохимического фона в водах реки, типичного для пресных вод Нечерноземной полосы России. Здесь нужно отметить, что закономерно было обнаружено присутствие таких металлов, как кальций (от 0,4026 до 1,3506 мг/л) и магний (от 0,1007 до 0,2918 мг/л), а также очень низкие концентрации калия (от 0,0434 до 0,1414 мг/л) и кремния (от 0,0195 до 0,0708 мг/л).

Здесь нужно сказать, что уровень концентрации меди плавно увеличивался к нижней части Москвы-реки в пределах МКАД (в т. 2 – 0,21 мг/л, а в т. 12 – 0,56 мг/л) и в общей совокупности не превышал 21–58% от установленной нормы. Концентрация цинка также увеличивалась от 2-й до 12-й точек отбора проб (от 0,51 до 1,36 мг/л) и, начиная с 7-й точки отбора вниз по течению, превышала норму ПДК соответственно на 14–36%. Содержание мышьяка, нетипичного для природных водоносных объектов данной территории, в зависимости от точки отбора находилось на уровне 3–9% от ПДК, в трех точках (точки 6, 8 и 11) элемент не был обнаружен. Какой-либо тенденции в равномерности его концентраций в водах Москвы-реки также выявлено не было.

Резюмируя анализ геохимического фона Москвы-реки, нужно отметить, что присутствие данных элементов характерно для гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных проточных вод низкой степени минерализации, которые составляют большую часть водотоков Русской равнины, в особенности ее северной территории [1, с. 24–29; 2, с. 104–117; 4].

В водах Москвы-реки также был обнаружен бор в ультранизких концентрациях (до 0,3% от ПДК), которые могут быть обусловлены как природными, так и в основном антропогенными факторами. В целом по пространственной вариабельности содержания базовых элементов геохимического фона вод водотока каких-либо определенных тенденций установлено не было, данные элементы встречаются закономерно, уровень их концентрации может быть подвержен влиянию со стороны техногенеза, а диапазон варьирования подчинен в том числе и сезонной динамике.

Заключение

В работе были представлены результаты первичных эколого-гидрохимических и геохимических исследований воды Мо-

сквы-реки из части русла, протекающего по территории Московской городской агломерации. Нужно обозначить, что в целом согласно проведенным исследованиям часть водного объекта, находящаяся в значительной по размерам зоне потенциально-хронического воздействия от разнообразной антропогенной деятельности, обладает относительно благополучными эколого-гидрохимическими свойствами – нейтральной реакцией среды, низкой и средней степенью общей минерализации, средним уровнем карбонатной жесткости, относительно повышенными концентрациями сульфатов и аммония, и низкими – хлоридов, нитратов и полифосфатов. Увеличенные значения перманганатной окисляемости комплекментарны уровню биологического потребления кислорода в водах и сопровождаются присутствием оптимальных для сезона пробоотбора концентраций растворенного кислорода. Такие данные свидетельствуют о закономерном протекании процессов биохимической трансформации различных органических веществ и о наличии активных процессов самоочищения водотока. Присутствие несущественных концентраций цинка, меди и мышьяка в водах закономерно согласуется с антропогенными условиями функционирования реки в черте экологического каркаса мегаполиса, а содержание в водах элементов геохимического фона подтверждает естественное происхождение катионно-анионной базы в общем геоэкологическом составе пресных природных вод Нечерноземной зоны.

Полученные результаты исследований описывают типичное эколого-гидрохимическое и геохимическое состояние естественных водных объектов Русской равнины Европейской части России, в том числе пребывающих в условиях постоянной антропогенной нагрузки. При проведении регионального экологического мониторинга водных объектов Московского региона нужно учитывать не только единовременные результаты исследований, но и постоянно проводить экологические изыскания

водных объектов в условиях функционирующего техногенно-экологического каркаса города, в том числе на примере Москвы-реки, ее малых притоков и водоемов в различной динамике.

Список литературы

1. Бочкарев А.В., Багнавец Н.Л., Жевнеров А.В., Дмитриевская И.И., Белопухов С.Л. Химия воды. М.:Юрайт, 2023. 102 с.
2. Алексеенко В.А. Геоэкология: экологическая геохимия. Ростов н/Д: Феникс, 2017. 685 с.
3. Ивашкина И.В., Кочуров Б.И. Урбоэкодиагностика и сбалансированное развитие. М.: ИНФРА-М, 2017, 215 с.
4. Козлов А.В., Уромова И.П. Уровень эколого-гидрохимических свойств воды Волги и Оки в условиях городской территории // Успехи современного естествознания. 2020. № 12. С. 92–97.
5. Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Комплексный анализ качества воды реки Тобол и Курганского водохранилища // Успехи современного естествознания. 2023. № 2. С. 47–57.
6. Окрут С.В., Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Коровин А.А., Халикова В.А. Оценка влияния малых водотоков на гидрохимические и гидробиологические показатели реки Подкумок // Успехи современного естествознания. 2023. № 2. С. 58–64.
7. Лихачева Э.А. Экологические хроники Москвы. М.: Медиа-Пресс, 2007. 304 с.
8. Нерешенные экологические проблемы Москвы и Подмосковья / Под ред. Р.М. Дьячкова и др. М.: Медиа-Пресс, 2012. 400 с.
9. Яшин И.М., Васнев И.И., Гареева И.В., Черников В.А. Экологический мониторинг вод Москвы-реки в столичном мегаполисе // Известия ТСХА. 2015. № 5. С. 8–25.
10. Зарубина А.П., Толпышева Т.Ю., Сорокина Е.В. Экотоксикологическая оценка состояния городской среды на примере мегаполиса Москвы // Социально-экологические технологии. 2018. № 2. С. 34–51.
11. Никаноров А.М., Иваник В.М. Словарь-справочник по гидрохимии и качеству вод суши (понятия и определения). Ростов-на-Дону, 2014. 548 с.
12. Рыков Р.А., Урбанова О.Н., Горшкова А.Т., Семанов Д.А., Бортникова Н.В. Характеристика качественного состава вод малых рек Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 69–74.
13. Горанова О.А., Атрощенко Л.А., Быкова М.В. Комплексное благоустройство городских территорий Москвы. Социальное, инженерное и экологическое благоустройство. М.: МГУУ Правительства Москвы, 2019. 264 с.
14. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов: учебно-методическое пособие. Н. Новгород: Мининский университет, 2016. 146 с.
15. Качалова Г.С. Анализ изменения показателей качества воды от водозабора до потребителя // Успехи современного естествознания. 2022. № 2. С. 66–70.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ОЗЕР ТОБОЛО-ИШИМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Корнеева Н.Ю.

*Институт озераедения Российской академии наук – Санкт-Петербургский
федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Санкт-Петербург, e-mail: ntkorn87@gmail.com*

С использованием разновременных космических снимков определены площади водной поверхности оз. Лебяжье, Малый Кушлук, Торопово и Истошино Тоболо-Ишимского междуречья за 1989–2020 гг. Вычисление площадей выполнено по мультиспектральным снимкам Landsat и Sentinel-2 с применением автоматизированного индекса выделения воды AWEI. Выявлены годы с максимальными и минимальными значениями площадей водного зеркала озера. Для исследованных водоемов, за исключением оз. Малый Кушлук, характерно кратковременное увеличение площадей водного зеркала в 2008 г. В 2009 и 2010 гг. отмечено снижение площадей всех озер, сменившееся затем увеличением, продолжавшимся до 2016 г. Выявлено, что амплитуда максимальных и минимальных значений площади оз. Истошино, имеющего сток в оз. Травное, на 12% отличается от среднего значения, в то время как для остальных озер, являющихся бессточными, данный показатель составляет от 24 до 26%. По данным наблюдений метеорологической станции Макушино проведена оценка климатических параметров. По результатам расчета коэффициентов корреляции, наиболее высокая статистическая связь площадей озер отмечена с 2-летним скользящим средним годовых сумм атмосферных осадков.

Ключевые слова: Тоболо-Ишимское междуречье, озера, динамика, площадь водной поверхности, спутниковые снимки, ГИС-технологии

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН по теме № FMNG-2019-0004 «Закономерности распределения озер по территории Евразии и оценка их водных ресурсов».

THE LONG-TERM DYNAMICS OF LAKE AREAS IN THE TOBOLO-ISHIM INTERFLUVE BASED ON SATELLITE DATA

Korneenkova N.Yu.

*Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences – a separate division
of the Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Saint Petersburg, e-mail: ntkorn87@gmail.com*

Using multi-temporal space images the areas of water surface of lakes Lebyazhie, Maly Kushluk, Toropovo and Istoshino of Tobol-Ishim interfluve for the period 1989–2020 were determined. The areas were calculated using multispectral Landsat and Sentinel-2 images with application of Automated Water Extraction Index AWEI. The years with maximum and minimum values of water surface area were identified. For the studied water bodies, except for the Maly Kushluk Lake, a short-term increase of water surface area in 2008 is characteristic. In 2009 and 2010, a decrease in the areas of all lakes was noted, followed by an increase that lasted until 2016. It is revealed, that the amplitude of maximum and minimum values of the area of Lake Istoshino, which has draining into Lake Travnoye, differs from the average value by 12%, while for the other lakes, being drainless lakes, this indicator ranges from 24 to 26%. Based on the observations of the Makushino meteorological station, the climatic parameters were assessed. According to the results of calculation of correlation coefficients, the highest statistical connection of lake areas is noted with 2-year moving average of annual precipitation amounts.

Keywords: Tobolo-Ishim interfluve, lakes, dynamics, water surface area, satellite images, GIS-technologies

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences on topic No. FMNG-2019-0004 “Patterns of distribution of lakes across the territory of Eurasia and assessment of their water resources”.

Изменения морфометрических характеристик озер могут являться индикаторами вариаций климата. Внутренние водоемы засушливых регионов являются чувствительными к изменениям климата и антропогенному вмешательству. Районы среднего течения Тоболо-Ишимского междуречья относятся к зоне недостаточного увлажнения и характеризуются значительной пространственно-временной многолетней и внутригодовой динамикой ресурсов озерных вод.

В настоящее время отмечается существенный недостаток наземных наблюдений за гидрологическим режимом водоемов засушливых регионов. При этом большинство водоемов малых размеров остаются неисследованными или об их водном режиме имеется чрезвычайно мало информации. Применение материалов дистанционного зондирования Земли может восполнить ограниченность данных гидрометрических измерений на территориях недостаточного увлажнения.

Задача настоящего исследования – на примере водоемов Тоболо-Ишимского междуречья продемонстрировать возможности использования спутниковых данных с целью определения динамики морфометрических характеристик озер, а также провести оценку зависимости динамики площадей озер от климатических параметров.

Район исследования расположен в средней части Тоболо-Ишимского междуречья в пределах плоской Ишимской равнины, слабо наклонной в северном направлении.

Ишимская равнина сложена лессовидными суглинками различного механического состава, глинами, аллювиальными супесями и песками, которые развиты на континентальных отложениях неогенового возраста. В южной части равнины, соответствующей региону исследования, преобладает денудационный рельеф [1]. Гидрографическая сеть представлена озерами и болотами, речная сеть выражена слабо.

Для поверхности равнины характерны суффозионные котловины, вытянутые пологие гряды с широкими плоскими вершинами и пологими склонами. Широко распространены межгрядные ложбины, а также фрагменты днищ древних русел и речных долин, в которых размещаются крупные – площадью несколько десятков квадратных километров, а также средние по площади озера, нередко соленые или горько-соленые.

Климат территории континентальный. Для территории характерна общая неустойчивость климата, обусловленная беспрепятственным вторжением как холодных северных воздушных масс, так и теплых и сухих масс воздуха из Средней Азии. Характерные особенности климата – недостаток влаги, малая облачность, короткое и жаркое лето, суровая зима. Резкий годовой ход температур сочетается с резкой изменчивостью зимних и весенних температур от года к году. Годовое количество осадков составляет 320–350 мм, более половины осадков выпадает в мае-июне.

Тоболо-Ишимское междуречье относится к регионам недостаточного увлажнения, тем не менее характерной чертой гидрографической сети рассматриваемой территории является значительная озерность. Помимо крупных и средних по величине остаточных водоемов распространены также многочисленные бессточные озера, занимающие микрозападины площадью, как правило, менее 1 км². Берега таких озер в основном слабо изрезанные, низменные,

зачастую заболоченные. Значительная часть пресных мелководных озер подвержена зарастанию высшей водной растительностью.

Материалы и методы исследования

В настоящем исследовании рассмотрены оз. Лебяжье, Малый Кушлук, Торопово и Истошино Тоболо-Ишимского междуречья (рис. 1). Выбранные в качестве объектов исследования водоемы относятся к категории малых, наиболее крупное оз. Лебяжье в многоводный период не превышает по площади 9 км², наименьшая площадь среди исследованных озер у оз. Истошино (4,7 км²).

Озеро Лебяжье бессточное, расположено на древней слабоволнистой поверхности, сформированной денудационными процессами [1]. Развитая на современных водоразделах, данная поверхность в пределах Ишимской равнины перекрыта маломощным лессовидным покровом и осложнена суффозионно-просадочными западинами, которые нередко заозерены или заболочены.

Озера Торопово и Истошино относятся к водоемам заболоченных поверхностей, сформировавшихся в результате зарастания и заболачивания водоемов в голоцене [2]. Оз. Истошино соединяется протокой с расположенным севернее оз. Травное, из которого берет начало р. Емец. Длина протоки около 2,5 км. Примерно в 200 м оз. Истошино протоку пересекает трасса, вследствие чего сток из озера ограничен. На юге оз. Истошино в многоводные годы коротким водотоком соединяется с оз. Торопово.

Озеро Малый Кушлук расположено в 1 км к северо-западу от оз. Большой Кушлук. Озера занимают вогнутую бессточную поверхность, вероятно, унаследовавшую древнюю озерную котловину.

Оценка площадей водной поверхности базировалась на автоматизированном дешифрировании данных TM/Landsat, ETM+/Landsat, OLI/TIRS/Landsat и Sentinel-2 с использованием автоматизированного индекса выделения воды AWEI (Automated Water Extraction Index), который в ряде исследований отмечен как наиболее оптимальный с точки зрения точности результата для выделения водных поверхностей [3, 4]. Предварительная обработка данных Landsat и Sentinel-2 и извлечение площадных характеристик водных объектов осуществлялись в программной среде QGIS. В ходе автоматизированной обработки спутниковых изображений в среде ГИС производилась конвертация растровых изображений в векторный формат.



Рис. 1. Исследованные озера: 1 – Лебяжье, 2 – Торопово, 3 – Истошино, 4 – Мал. Кушлук. I – метеостанция Макушино

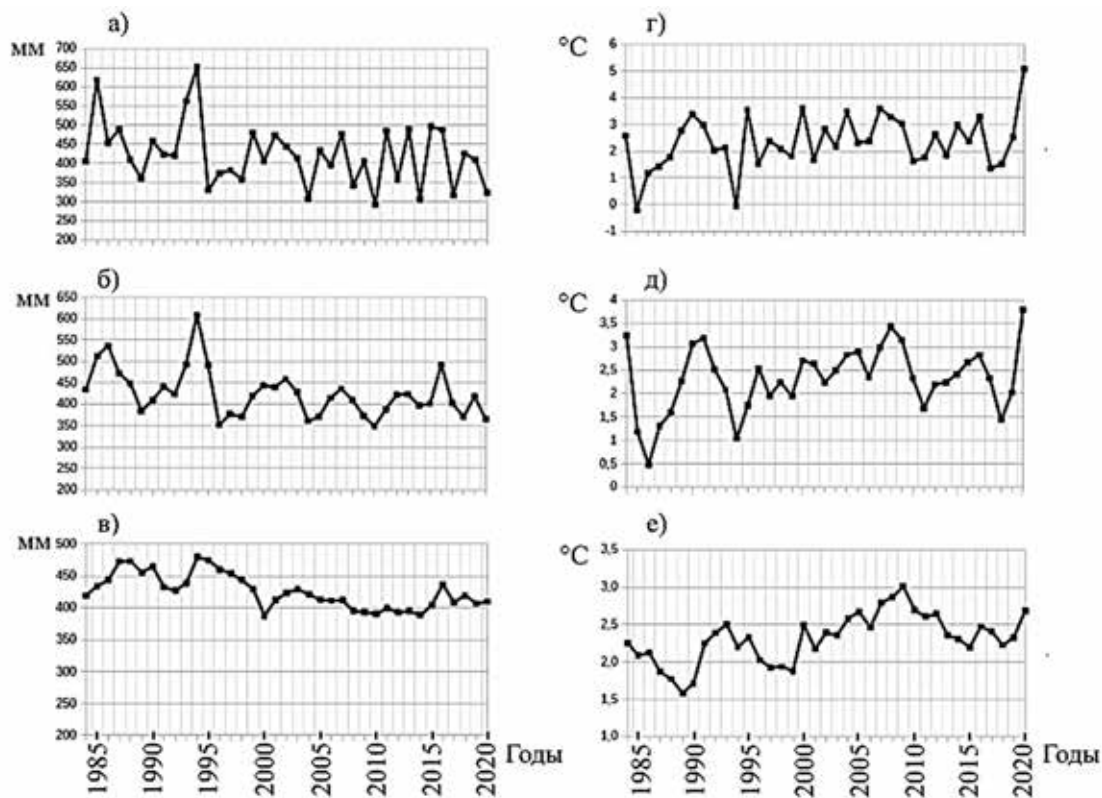


Рис. 2. Графики хода метеорологических характеристик метеостанции Макушино за период с 1984 по 2020 г.: а – в – атмосферные осадки: а) годовые суммы осадков, б) скользящие двухлетние значения, в) скользящие шестилетние значения; г – е – температура воздуха: г) среднегодовые температуры воздуха, д) скользящие двухлетние значения, е) скользящие шестилетние значения

Для выявления водных поверхностей были проанализированы снимки Landsat и Sentinel-2 за период с 1989 по 2020 г., полученные посредством сервиса Earth-Explorer. Пространственное разрешение спутниковых изображений TM/Landsat, ETM+/Landsat, OLI/TIRS/Landsat составляет 30 м, Sentinel-2 – 10 м. Анализу были подвергнуты 23 сцены за конец августа – начало октября.

В работе были проанализированы данные об атмосферных осадках и температуре воздуха, полученные для метеостанции Макушино за период с 1984 по 2020 г. с сервера Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных [5]. При расчете суммы годовых атмосферных осадков и среднегодовых значений температуры анализировались метеорологические данные за период с сентября предшествующего года по август. На основе данных по атмосферным осадкам и температуре воздуха были рассчитаны шестилетние и двухлетние скользящие средние этих величин (рис. 2). В целях выявления статистических связей произведены расчеты коэффициентов корреляции климатических показателей (6-летние скользящие осадков и температуры, 2-летние скользящие средние осадков и температуры, годовое количество осадков, среднегодовая температура) с площадями оз. Лебяжье и Малый Кушлук, расположенных наиболее близко из исследованных озер к метеостан-

ции. Расстояние от метеостанции Макушино до оз. Лебяжье 88 км, до оз. Малый Кушлук – 80 км. Рассчитанные коэффициенты сводились в корреляционные матрицы.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 3 приведены совмещенные графики изменения площадей оз. Лебяжье, Малый Кушлук, Истошино и Торопово в период с 1989 по 2020 г., построенные в результате обработки спутниковых данных Landsat и Sentinel-2.

Для исследованных озер, за исключением озера Малый Кушлук, характерно кратковременное увеличение площадей водного зеркала в 2008 г. В последующие 2009 и 2010 гг. отмечено снижение площадей всех озер, сменившееся затем увеличением, продолжавшимся до 2016 г.

Наиболее низкое значение площади водного зеркала оз. Истошино в рассматриваемый период отмечено в 1997 г., оз. Торопово – в 2010 г., озер Лебяжье и Малый Кушлук – в 1989 и 2010 гг. Можно отметить, что низкие значения площади в 2010 г. были получены также для оз. Большое Бердюжье Тоболо-Ишимского междуречья в ходе проведенных ранее исследований [6]. Наибольшие площади исследованных озер также соответствуют разным годам: оз. Лебяжье и Малый Кушлук – 1994 г., оз. Торопово – 2008 г., оз. Истошино – 2016 г.

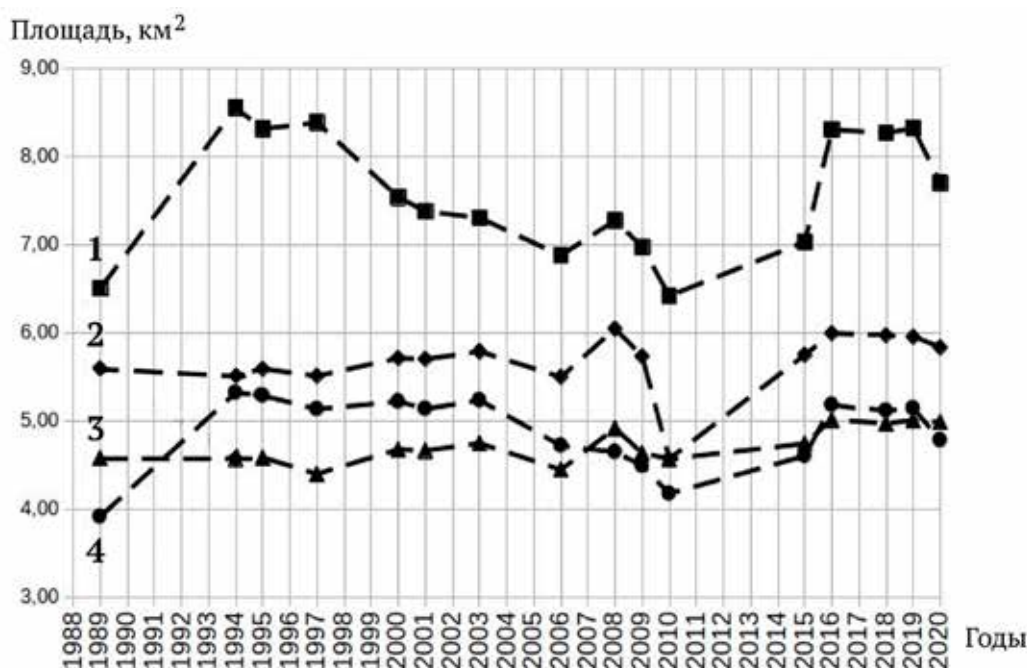


Рис. 3. Динамика площадей оз. Лебяжье (1), Торопово (2), Истошино (3), Малый Кушлук (4) в период с 1989 по 2020 г.

Анализ динамики площадей озер, основанный на результатах обработки спутниковых данных за период с 1989 по 2020 г., показывает, что амплитуда максимальных и минимальных значений площади оз. Истошино на 12% отличается от среднего значения за рассматриваемый период, в то время как для остальных озер данный показатель составляет от 24 до 28%. Полученные результаты позволяют говорить о том, что из исследованных озер акватория оз. Истошино является наиболее устойчивой во времени. Это может быть обусловлено наличием стока из озера, который осуществляется через водоток, соединяющий водоем с оз. Травное.

Температурный режим и атмосферные осадки являются основными климатическими показателями, определяющими общую увлажненность территории и динамику площадей озер регионов недостаточно увлажнения.

Наиболее высокая среднегодовая температура воздуха за рассматриваемый период отмечена в 2020 г. ($5,08^{\circ}\text{C}$), самая низкая – в 1985 г. ($-0,22^{\circ}\text{C}$). Среднесуточная температура воздуха, превышающая 10°C , фиксировалась в среднем в течение 136 дней, меньше всего дней с данной температурой было отмечено в 1996 г., больше всего – в 1991 г. Минимум атмосферных осадков наблюдался в 2010 г. (291,6 мм), максимум – в 1994 г. (652 мм). Число дней с осадками, превышающими 1 мм, в период с 1984 по 2020 г. в среднем составляло 74, наименьшим данный показатель был в 2010 г., наибольшим – в 2001 г.

Приведенные графики скользящих шестилетних значений годовых сумм осадков показывают наличие нескольких периодов их повышения и уменьшения. С 1994 по 2000 г. наблюдается снижение атмосферных осадков, затем кратковременное увеличение с 2001 по 2003 г. и постепенное уменьшение, продолжавшееся до 2014 г., которое вновь сменилось увеличением (с 2015 по 2016 г.), а затем снижением (с 2017 по 2020 г.).

Проведенный корреляционный анализ показал, что из всех полученных расчетных характеристик площадь оз. Малый Кушлук и Лебяжье сильнее всего коррелирована с 2-летним скользящим средним годовых сумм атмосферных осадков (коэффициент корреляции для оз. Лебяжье составляет 0,5, для оз. Малый Кушлук – 0,6). Отмечаются положительные статистические связи с годовым количеством осадков, а также их шестилетним скользящим средним (коэффициент корреляции в диапазоне 0,3–0,5).

По данным корреляционного анализа выявлена средняя отрицательная корреляционная связь площадей озер с 2-летним скользящим средним температуры (коэффициент корреляции 0,3–0,4). Значимая статистическая связь площадей озер со среднегодовой температурой воздуха, а также с шестилетним скользящим средним данного показателя отсутствует.

Заключение

Анализ спутниковых снимков за период с 1989 по 2020 г. позволил установить, что у бессточных водоемов Малый Кушлук, Лебяжье и Торопово амплитуда максимальных и минимальных значений площади отличается от среднего значения более чем на 20%. У оз. Истошино, имеющего сток в оз. Травное, данный показатель соответствует 12%.

Корреляционный анализ площадей озер с климатическими характеристиками показал, что площадь оз. Малый Кушлук и Лебяжье, наиболее близко расположенных к метеостанции Макушино, сильнее всего коррелирована с 2-летним скользящим средним годовых сумм осадков. С температурными условиями зависимость выражена слабее и проявляется только для 2-летнего скользящего среднего температуры воздуха.

Список литературы

1. Пестова Л.Е. Геоморфология // Объяснительная записка. Цифровая модель листа Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Западно-Сибирская. Лист N-42 – р. Ишим. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2020. 157 с.
2. Зылева Л.И., Коркунов К.В., Козырев В.Е., Пестова Л.Е., Калашникова О.С., Макарова А.Н., Новикова Л.П. Цифровая модель листа Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Западно-Сибирская. Лист N-42 – р. Ишим. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2020. 157 с. [Электронный ресурс]. URL: https://webftp.vsegei.ru/GGK1000/2020_n-42/N-42_ОбЗар.pdf (дата обращения: 19.06.2023).
3. Катаев М.Ю., Бекеров А.А. Методика обнаружения водных объектов по многоспектральным спутниковым измерениям // Доклады ТУСУРа. 2017. № 4. Т. 20, С. 105–108.
4. Feyisa G.L., Meilby H., Fensholt R., Proud S.R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery // Remote Sensing of Environment. 2014. Vol. 140. P. 23–35
5. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549 [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных> (дата обращения: 16.01.2023).
6. Корнеев Н.Ю. Временная изменчивость площадей озер юга Западной Сибири по данным космических снимков // Будущее науки в Санкт-Петербурге: сб. трудов региональной научной молодежной конференции (Санкт-Петербург, 22 ноября 2021 г.). СПб., 2021. С. 12–17.

УДК 550.423
DOI

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОЧВАМИ ЗАПАДНОГО СКЛОНА СУРА-СВИЯЖСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

¹Кузнецова О.Г., ²Рукавицын В.В., ³Хоменко В.П., ³Евграфова И.М.

¹ГБОУ «Школа № 1212», Москва;

²ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», Москва, e-mail: o-g-k@list.ru;

³ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский московский государственный строительный университет», Москва, e-mail: irina-sen811.yandex.ru

Статья посвящена анализу причин и динамике загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) территории Сура-Свияжского междуречья Приволжской возвышенности. Приведены данные исследований ключевых площадок территории в виде почвенных профилей с отбором проб с 2008 по 2019 г. Цель исследования – сопоставление данных и получение прогноза развития экологической ситуации территории с помощью метода цифрового моделирования. Для определения корреляции между аккумуляцией металлов почвами и особенностями биоты в базу данных включены данные динамики онкологических заболеваний населения. Пробы анализировались методами пламенной абсорбции и атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn). Установлено, что на всей исследуемой территории происходят процессы аккумуляции, в основном железа и меди, а на автономных ландшафтах – и других ТМ. Максимальные концентрации железа и меди зарегистрированы в иллювиальном горизонте Государственного природного заповедника «Присурский». Выявлено, что ареалы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и часто фиксируемые случаи онкологических заболеваний коррелируют в пространстве. Сделано предположение зависимости уровня от загрязнения почв тяжелыми металлами. Полученные результаты позволяют осуществлять экологически безопасное районирование территории для хозяйственного использования.

Ключевые слова: экология, тяжелые металлы, загрязнение окружающей среды, Сура-Свияжское междуречье Приволжской возвышенности

HEAVY METAL CONTAMINATION OF SOILS ON THE WESTERN SLOPE OF THE SURA-SVIYAZHSKY INTERFLUVE OF THE VOLGA UPLAND

¹Kuznetsova O.G., ²Rukavitsyn V.V., ³Khomenko V.P., ³Evgrafova I.M.

¹School 1212, Moscow;

²Russian State Geological Exploration University named after Sergo Ordzhonikidze, Moscow, e-mail: o-g-k@list.ru;

³National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: irina-sen811.yandex.ru

The article is devoted to the analysis of the causes and dynamics of heavy metals (HM) contamination of the territory of the Sura-Sviyazhsky interfluve of the Volga Upland. The data of studies of key sites of the territory in the form of soil profiles with sampling from 2008 to 2019 are presented. The purpose of the study is to compare data and obtain a forecast of the development of the ecological situation of the territory using the digital modeling method. To determine the correlation between the accumulation of metals by soils and biota features, data on the dynamics of oncological diseases of the population are included in the database. The samples were analyzed by flame absorption and atomic emission methods with inductively coupled plasma (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn). It has been established that accumulation processes, mainly of iron and copper, occur throughout the studied territory, and other HM occur on autonomous landscapes. The maximum concentrations of iron and copper were recorded in the illuvial horizon of the Prisursky State Nature Reserve. It was revealed that the areas of environmental pollution by heavy metals and frequently recorded cases of cancer correlate in space. The assumption of the dependence of the level on soil contamination with heavy metals is made. The results obtained will make it possible to carry out environmentally safe zoning of the territory for economic use.

Keywords: geocology, heavy metals, environmental pollution, Sura-Sviyazhsky interfluve of the Volga upland

Исследования проводились на территории западного склона Сура-Свияжского междуречья Приволжской возвышенности. Район исследования условно разделен на две зоны: трансформированную техногенезом (зона 1) и относительно устойчивую (зона 2) – территория государственного

природного заповедника (ГПЗ) «Присурский» [1, 2]. В северной части района исследования (зона 1) расположены сельскохозяйственные территории и населенные пункты: города Шумерля и Вурнары. В южной находится ГПЗ «Присурский», занимая большую часть исследуемой территории.

На территории заповедника введен охраняемый режим, так что данный участок можно считать ненарушенным техногенезом или фоновым.

Основоположниками геохимии ландшафта в нашей стране являются Б.Б. Полюнов, М.А. Глазовская, А.И. Перельман, Н.С. Касимов [3–6]. Большинство современных исследований, посвященных миграции металлов, опираются на сравнение полученных данных с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) и ориентировочно допустимыми концентрациями (ОДК). Однако наблюдается и использование комплексного подхода [7–9].

Цель исследования – изучение миграции тяжелых металлов (ТМ) и их влияния на здоровье местного населения. Актуальность темы исследования выражается в том, что тяжелые металлы являются одними из распространенных поллютантов. Они способны к миграции из почвы в растительность, а затем, концентрируясь в организме животных и человека, вызывать хронические заболевания и онкозаболевания. Таким образом, изучение особенностей аккумуляции металлов в почвах позволяет наметить меры для принятия управленческих решений по сохранению устойчивости экосистем [10].

Материалы и методы исследования

В основу работы положены материалы полевых исследований, в процессе которых изучалось состояние экосистем территории западного склона Сура-Свияжского междуречья Приволжской возвышенности. Они проводились в 2008 и 2019 гг. с целью сопоставления данных и получения прогноза развития экологической ситуации.

Пробы почв отбирались из горизонтов А, В, С, донных отложений и растений (мха). Затем определялись концентрации ТМ в почвах в 2008 и 2019 гг. (табл. 1, 2). Подвижные формы ТМ в пробах почв 2008 г. (табл. 1) определялись в вытяжке по методу Баскомба [11], позволяющему экстрагировать связанные с органическим веществом формы методом пламенной абсорбции [12]. В 2019 г. определялись также подвижные формы металлов в почве и донных отложениях, но вытяжкой 1 н HCl [13].

Для прогноза дальнейшей ситуации на изучаемой территории был применен метод цифрового моделирования [14]. Для определения корреляции загрязнения почв ТМ, донных отложений, поверхностных вод в базу данных были включены сведения о злокачественных заболеваниях населения [10].

Таблица 1

Концентрации тяжелых металлов в некоторых точках на исследуемой территории Сура-Свияжского междуречья Приволжской возвышенности

Место отбора образца	Cu	Zn	Mn
	мг/кг		
Точка Ж. Верховое болото, сфагнум, зола	10,71	4,65	8,96
Точка Е. Супесчаная дерново-подзолистая иллювиально-железистая на древнеаллювиальных песках, A ₁ A ₂	21,58	16,21	9,50
B _{Fe} C	20,93	11,96	20,87
D	23,36	10,27	0,49
Точка Д. Дерновая почва центральной поймы, A ₁	36,79	21,39	36,75
B	28,39	16,81	19,64
B _{Fe} C	28,08	30,59	37,99
О. Кулюкары, донные отложения, h = 1,0 м	29,70	17,21	95,97
h = 2,0 м	30,78	21,53	253,07
h = 3,2 м	40,28	26,12	333,92
О. Щучье, донные отложения h = 5,0 м	30,04	18,92	223,48
h = 8,7 м	27,17	17,82	344,54

Примечание: 2008 г., подвижные формы, связанные с органическим веществом (мг/кг).

Таблица 2

Концентрации тяжелых металлов в некоторых точках на исследуемой территории Сура-Свияжского междуречья Приволжской возвышенности

Место взятия образца	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Точка 1. Горизонт А ₁ Ельник-зеленомошник	0,046	0,001	1,0	51,5	10,7	0,25	0,82
Горизонт А ₂	0,0023	0,001	0,46	45,0	9,45	0,20	0,39
Горизонт В	0,0001	0,001	0,65	13,9	2,68	0,13	0,82
Горизонт С	0,010	0,102	0,59	96,5	4,30	0,087	0,39
Точка 2. Горизонт А ₁ Смешанный лес	0,039	0,153	0,90	479	22,8	0,42	1,69
Горизонт А ₂	0,035	0,001	1,00	120	2,82	0,25	0,61
Горизонт ВС	0,0001	0,001	1,05	175	3,45	0,30	2,59
Точка 3. Горизонт В. Пахотное поле. Люцерна.	0,014	0,272	1,69	159	6,15	0,35	1,16
Горизонт С. Дерново-слабоподзолистая	0,017	0,166	1,11	121	2,11	0,18	1,15
Точка 4. Горизонт А ₁ -А ₂ . Поле. Разнотравье.	0,0001	0,172	0,56	457	10,1	0,34	0,33
Горизонт В	0,031	0,001	1,41	150	7,53	0,35	1,63
Горизонт ВС	0,016	0,147	1,08	118	4,45	0,31	1,63
Точка 5. Горизонт А ₁ , с. Чертоганы. Широколиственный лес. ЛЭП. Вырубка	0,0001	0,001	1,03	80,9	27,2	0,94	1,00
Горизонт В	0,0073	0,001	1,37	184	7,53	0,26	0,93
Горизонт ВС	0,017	0,001	1,42	166	3,44	0,30	0,79
Точка 6. Горизонт А ₁ . Чернозем. Пойма реки Сура	0,057	0,086	2,12	450	21,2	0,76	3,07
Горизонт ВС	0,038	<0,001	0,93	175	6,19	0,20	0,88
Точка 7. Горизонт А ₁	0,013	<0,001	0,80	39,0	12,7	0,26	1,15
Горизонт А ₂	0,034	<0,001	0,85	37,3	4,95	0,085	0,28
Горизонт С	0,026	<0,001	0,76	57,4	2,88	0,055	0,26
Точка 8. Горизонт А ₁	0,014	<0,001	0,78	49,5	13,1	0,32	7,9
Горизонт А ₂	0,045	<0,001	0,80	67,2	7,95	0,16	1,69
Горизонт ВС	0,014	<0,001	0,87	98,7	3,07	0,074	0,56
Точка 9 (пойма р. Сура) А ₁	0,024	<0,001	1,29	167	6,73	0,28	0,86
Горизонт В	<0,0001	0,034	1,22	117	7,87	0,18	0,75
Точка 10. Горизонт А ₁	0,033	<0,001	1,23	66,7	5,90	0,17	0,42
Горизонт В	0,001	<0,001	0,92	44,1	1,14	0,046	2,52
Точка 11. Красный октябрь. Подзоли- стая супесчаная почва. Горизонт А ₁ /А ₂	0,008	<0,001	1,10	61,1	13,3	0,24	1,18
Точка 12. Горизонт А ₂	0,032	<0,001	1,12	22,8	2,52	0,105	0,47
Горизонт В	<0,0001	<0,001	1,11	50,6	2,25	0,051	0,70
Горизонт ВС	0,025	<0,001	0,92	72,5	1,46	0,044	0,20
Горизонт С	<0,0001	<0,001	0,88	24,0	0,76	0,026	0,26
Точка 13. Горизонт В	<0,0001	<0,001	0,91	74,4	7,76	0,099	0,46
Горизонт ВС	<0,0001	<0,001	0,87	87,3	5,81	0,088	0,43
Точка 14. Горизонт В	0,010	<0,001	0,72	884	3,58	0,35	0,16
Горизонт ВС	0,001	<0,001	0,95	162	0,24	0,068	0,27
Точка 15. Горизонт А ₂ /В	0,005	0,212	0,82	584	14,8	0,424	1,45
Горизонт С	0,001	0,328	0,67	275	5,44	0,19	0,72

Окончание табл. 2

Место взятия образца	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Точка 16. Горизонт А ₁ . Сура. Затон. Разнотравье	0,017	0,237	1,99	535	15,0	0,59	2,46
Горизонт ВС	0,029	0,279	2,33	573	16,1	0,54	2,26
Горизонт С	0,014	0,099	1,71	545	10,2	0,53	2,79
Точка 17. Горизонт А ₁ /А ₂ . Сосны. Ягель	0,011	0,133	0,16	32,3	0,93	0,12	0,14
Горизонт ВС	0,035	0,203	0,24	21,4	0,64	0,031	0,10
Точка 18. Горизонт А ₁ . «Август». Затон	0,035	0,372	2,00	235	34,7	0,90	1,80
Горизонт В	-0,003	0,305	1,37	300	18,3	0,48	1,41
Горизонт ВС. Ил.	0,014	0,292	1,20	316	19,3	0,65	3,09
Вода. Сура – Порецкое	0,003	0,300	0,069	0,57	0,10	0,009	0,029
Вода. Сура – Алатырь	<0,0001	0,224	<0,001	0,22	0,03	<0,001	0,029
Вода. Вурнары – Август. Пруд	0,018	0,196	<0,001	0,53	0,10	0,002	0,072

Примечание: 2019 г., подвижные формы (мг/кг).

Показатели состояния окружающей среды (ОС) территории заповедника ГПЗ «Присурский» можно считать фоновыми, так как благодаря охранному режиму техногенное влияние в его пределах минимально и возможно только с перемещением воздушных масс.

Результаты исследования и их обсуждение

Как следует из полученных данных (табл. 2), во всех пунктах наблюдения значительны концентрации подвижных форм меди (до 2,33 мг/кг). Однако данный показатель не превышал ПДК (3 мг/кг). 1,69 мг/кг меди зарегистрировано в точке 3, пахотное поле, засеянное люцерной. Медь здесь концентрировалась в результате внесения удобрений. Концентрация меди, равная 2,12 мг/кг, зафиксирована в точке 6, находящейся в непосредственной близости города Шумерля. Также значительны концентрации меди вблизи города Алатырь – 1,99 мг/кг. Это связано, по-видимому, с техногенным влиянием города и широко развитой в нем химической промышленностью. Концентрация подвижных форм меди в точке 18, находящейся рядом с химическим заводом «Август», равнялась 2 мг/кг.

Почвенные пробы, взятые в 2008 г., были проанализированы на содержание форм металлов, связанных с органическим веществом. Концентрации меди более чем в 12 раз превышали ПДК для подвижных форм (36,79 мг/кг в пойменной почве зоны 2). Концентрации подвижных форм меди

в пахотных почвах зоны 1 также превышали ПДК в 6,7 раз (20 мг/кг). Высокие концентрации меди и других металлов в пахотных почвах связаны с внесением удобрений, которые, как известно, содержат повышенные концентрации тяжелых металлов [13].

По данным Х. Чулджиян и др. предельно допустимая концентрация подвижных форм кадмия равна 1,0 мг/кг. В пробах 2019 г. концентрация подвижных форм кадмия максимально равнялась 0,057 мг/кг в точке 6, рядом с г. Шумерля. В пахотных почвах концентрации подвижной формы кадмия в полтора раза превышала ПДК, что связано с поступлением кадмия в составе удобрений, а также в результате сжигания нефти и угля [2].

ПДК подвижных форм хрома равна 6,0 мг/кг. Все пробы почв 2019 г. не превышали ПДК по подвижным формам хрома. Максимальные концентрации зарегистрированы у химического завода «Август» и равны 0,372 мг/кг. Источниками поступления хрома в почвы является сжигание каменного угля, а также в процессе использования комплексных удобрений [13].

Концентрации железа значительны вблизи г. Вурнары (до 479 мг/кг) в т. 2, находящейся у сельскохозяйственных ландшафтов, до 235 мг/кг в т. 18. В самых северных, исследованных нами районах (точки 3 и 4) – содержания ТМ не превышали ПДК. По мере приближения к городу концентрации железа увеличиваются с 39 (т. 7) до 80 мг/кг (т. 5). В т. 9 (пойма р. Сура) концентрации железа в верхнем горизонте до-

ходили до 167 мг/кг. Это связано со смывом с вышележащих ландшафтов: транзитных и автономных, а также накоплением железа в органогенном горизонте супераквального ландшафта. Как известно, подвижные формы металлов легко образуют неподвижные (металлорганические) комплексы с гуминовыми кислотами верхних органогенных горизонтов почв. В т. 13–15, находящихся на территории ГПЗ «Присурский», концентрации ТМ не превышали ПДК. Концентрации железа доходили до 884 мг/кг в иллювиальном горизонте почв. Для подзолистых почв характерна аккумуляция ТМ в иллювиальном горизонте, поскольку из горизонта А активно вымываются коллоиды и, попадая в горизонт В, адсорбируют многие ТМ, в том числе железо. Кроме того, влияние оказывают почвообразующие породы. В т. 16 (территория ГПЗ) также отмечается аккумуляция меди и железа в иллювиальном горизонте: меди – до 2,39 мг/кг, а железа – 573 мг/кг.

Таким образом, на территории Сура-Свияжского междуречья зарегистрированы максимальные концентрации железа в иллювиальном горизонте ГПЗ «Присурский» – 884 мг/кг, что связано с влиянием почвообразующих пород.

На основе изученных данных составлен прогноз накопления ТМ в почве до 2040 г. при условии сохранения тенденции загрязнения. Прогноз проводился с помощью математического метода временного ряда или ряда динамики – последовательность статистических данных об аккумуляции металлов исследуемого района. Для анализа временных рядов использовалась линейная регрессия. Основой модели выступает гипотеза о существовании дискретного внешнего фактора $X(t)$, имеющего влияющую на рассматриваемый процесс $Z(t)$ связь между фактором и процессом, представленной в виде линейной функции. Модель прогнозирования временного ряда на основании линейной регрессии описывается уравнением [1]:

$$Z(t) = a_0 + a_1 \times X(t) \pm E_t, \quad (*)$$

где a_0 и a_1 – коэффициенты регрессии; E_t – ошибка модели.

За $X(t)$, дискретный внешний фактор, принималась доля ПДК каждого металла, которая и изменялась со временем.

Кадмий является токсичным элементом 1-го класса опасности, легко мигрирующим из почвы в растительность, и, попадая в организм человека, аккумулируется преимущественно в печени и почках. Кадмий

обладает канцерогенными и мутагенными свойствами. А также снижает активность витамина Д, вызывая размягчение костей скелета, множественные нарушения метаболизма [10]. Основными источниками поступления кадмия в почву являются промышленные выбросы предприятий, автотранспорт, а также сточные воды и удобрения. С 2008 до 2040 г. прогнозируется увеличение концентрации кадмия в почвах. На автономном ландшафте рядом с г. Вурнары с химическим производством кадмий будет аккумулироваться наиболее интенсивно в верхнем органогенном горизонте (А) супераквального ландшафта. Наименьшими концентрациями металла характеризовались почвы транзитного ландшафта, благодаря хорошему промывному режиму. Такая тенденция сохранится и согласно прогнозу.

Хром поступает в почву вследствие сжигания каменного угля на предприятиях и является канцерогенным элементом. Как известно, пойменные почвы имеют устойчивую тенденцию к аккумуляции хрома почвами, а также в иллювиальном горизонте дерново-подзолистых почв [8].

В 2008 г. для экстрагирования металлов (меди, марганца, цинка) была выбрана вытяжка по методу Баскомба, позволяющая экстрагировать формы металлов, связанные с органическим веществом. Также в 2008 г. был выбран для исследования супераквальный ландшафт, аккумулирующий металлы (у оз. Щучье), находящийся гипсометрически ниже участков автономных и транзитных ландшафтов. Почвы тут характеризовались активным процессом глееобразования, который связан со смещением реакции среды в кислую сторону, что способствует аккумуляции меди, марганца и цинка [11].

Анализ данных о повышении уровня онкологической заболеваемости жителей района исследования [10] показал тенденцию увеличения заболеваний в Шумерлинском и Вурнарском районах во времени. Это связано с тем, что канцерогенные металлы аккумулируются почвами ландшафтов, расположенных гипсометрически ниже автономных. Металлы накапливаются в верхних горизонтах почв в виде металлоорганических соединений, которые по цепи питания переходят в растительность и далее аккумулируются в организме человека. Таким образом, расположенный на автономном ландшафте завод химических препаратов может способствовать увеличению количества онкозаболеваний населения, проживающего гипсометрически ниже, в пойме реки Суры.

Заключение

Результатами исследования является установленная закономерность аккумуляции тяжелых металлов в компонентах ОС в пределах зон ненарушенных и нарушенных техногенезом ландшафтов и прогноз развития состояния экосистемы, при условии сохранения тенденции загрязнения к 2040 г. Кроме того, выявлена зависимость онкозаболеваний от загрязнения почв ТМ.

Сделан прогноз с 2019 по 2040 г. тенденции увеличения концентрации кадмия и хрома в почвах с течением времени. Это связано с ростом промышленности и увеличением количества автотранспорта в районе исследования. Рост случаев онкопатологий у населения коррелирует с увеличением концентрации подвижных форм некоторых тяжелых металлов в почвах. Это связано с большой площадью агроландшафтов (влиянием внешних удобрений) и промышленных предприятий в зоне одного района исследования. Концентрация хрома в почвах транзитного ландшафта западного склона Сура-Свияжского междуречья к 2040 г. превысит ПДК. Увеличению концентрации хрома в почвах способствует сжигание минерального топлива, особенно каменного угля, и выбросы промышленных предприятий.

Список литературы

1. Расулов О.У., Каримов Б.Ю., Зоиров Ф.Б., Халифев Ф.А. Анализ загрязнения почвы тяжелыми металлами в условиях сильного загрязнения промышленных зон // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2021. № 3 (55). С. 53–57.
2. Кузнецова О.Г. Вопрос идентификации маркеров экологической безопасности // Актуальные вопросы рационального использования природных ресурсов. Т. 2: материалы XV Междунар. форума-конкурса студентов и молодых ученых под эгидой ЮНЕСКО. СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2019. С. 724.
3. Сарапулова Г.И. Эколого-геохимическая оценка почв в зоне техногенных объектов // Записки горного института. 2018. Т. 234. С. 258–262.
4. Мамонтов В.Г. Химический анализ почв и использование аналитических данных: лабораторный практикум. М.: Лань, 2021. 328 с.
5. Ковалева Е.В. Агроландшафтоведение и геохимия ландшафтов. М.: Лань, 2022. 144 с.
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Астрель-2000, 1999. 798 с.
7. Мартынюк А.А., Рыкова Т.В. Закономерности загрязнения компонентов лесных экосистем и нормирование техногенного воздействия на леса // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2013. № 37. С. 54–57.
8. Фокина А.И., Дабах Е.В., Домрачева Л.И., Скугирева С.Г., Лялина Е.И., Ашихмина Т.Я., Зыкова Ю.Н., Леонова К.А. Методические подходы к химико-биологической диагностике состояния почв техногенно-преобразованных территорий // Почвоведение. 2018. № 5. С. 589–600.
9. Плеханова И.О., Куликов В.О., Шабаев В.П. Влияние ризосферных бактерий на фракционный состав соединений тяжелых металлов в системе почва – растение // Почвоведение. 2022. № 9. С. 1179–1186.
10. Ашурбекова Т.Н., Мусинова Э.М. Изучение загрязнения почвы тяжелыми металлами и оценка связи этого загрязнения с онкологическими заболеваниями // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 4 (25). С. 10–14.
11. РД 52.18.191-89. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, 1990. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200048597> (дата обращения: 12.10.2023).
12. ГОСТ ISO 22036-2014. Качество почвы. Определение микроэлементов в экстрактах почвы с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии индуктивно связанной плазмы (ИСП-АЭС). М.: Стандартинформ, 2015. 26 с.
13. Жуйков Д.В. Мониторинг содержания марганца в агроценозах // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 19–22.
14. Аникин А.С., Говзеев Г.Д. Применение регрессионного анализа для исследования временных рядов // Актуальные исследования. 2022. № 6 (85). С. 18–22.

УДК 91:338.48
DOI

РАЗВИТИЕ ГЛЭМПИНГА В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ

Маслова О.М., Дудник М.А., Прудникова Н.Г.

*ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Барнаул,
e-mail: kondratenko6565@mail.ru*

Проведен анализ развития глэмпинга в Алтайском регионе. Выявлены предпосылки и особенности организации данного направления в индустрии гостеприимства в регионе, рассмотрены средства размещения Алтайского края и Республики Алтай, их категории. Проанализирована динамика развития, целевая аудитория, исследована территориальная специфика развития глэмпинг-индустрии. Представлена характеристика вариантов размещения на Алтае. Условия исследуемой территории позволяют мобильно и органично организовать отдых на природе со всеми удобствами и полноценным отельным обслуживанием. Повышение уровня жизни, тенденции к развитию внутреннего туризма в РФ, желание уединения и комфорта позволяют говорить об увеличении спроса на данный вид отдыха и перспективах развития. Уникальное сочетание природных ресурсов и возможность устанавливать разнообразные виды конструкций глэмпинга дают возможность выбора мест и средств размещения на Алтае, которые отвечают предпочтениям гостей по сервису, комфорту, уединенности и виду из глэмпинга на природу. Предложены элементы этнической тематики для улучшения разнообразия предоставляемых услуг при проживании. Полученные материалы могут быть использованы для развития глэмпинг-индустрии и тиражирования опыта в другие регионы и локации.

Ключевые слова: Алтайский регион, глэмпинг, индустрия гостеприимства, традиционная этнокультура, развитие внутреннего туризма

THE DEVELOPMENT OF GLAMPING IN THE ALTAI REGION

Maslova O.M., Dudnik M.A., Prudnikova N.G.

Altai State University, Barnaul, e-mail: kondratenko6565@mail.ru

The analysis of the development of glamping in the Altai region is carried out. The prerequisites and features of the organization of this direction in the hospitality industry in the region are revealed, the accommodation facilities of the Altai Territory and the Altai Republic, their categories are considered. The dynamics of development, the target audience are analyzed, the territorial specifics of the development of the glamping industry are investigated. The characteristics of accommodation options in Altai are presented. The conditions of the studied territory allow you to combine outdoor recreation with all the amenities and full-fledged hotel service in a mobile and organic way. An increase in the standard of living, trends in the development of domestic tourism in the Russian Federation, the desire for privacy and comfort allow us to talk about an increase in demand for this type of recreation and development prospects. The unique combination of natural resources and the ability to install various types of glamping structures make it possible to choose places and accommodation facilities in Altai that meet the preferences of guests in terms of service, comfort, privacy and views from glamping to nature. Elements of ethnic themes are proposed to improve the variety of services provided during the stay. The materials obtained can be used to develop the glamping industry and replicate the experience to other regions and locations.

Keywords: the Altai Territory, glamping, hospitality industry, traditional ethnoculture, development of domestic tourism

Развитие внутреннего туризма в РФ приобретает особую актуальность и характеризуется сохранностью природных ресурсов, традиционной культуры. У гостей региона появляется интерес к новым аутентичным и комфортным местам проживания с желанием изучения, познания и погружения в природу, культуру и исторические факты территории. Возможность уединиться в месте с умиротворяющими видами на природу и с высоким сервисным обслуживанием дает возможность современному потребителю реализовать свои требования и ожидания. Тенденции развития туристской индустрии на Алтае указывают на популяризацию экологических средств размещения. Образ гостей региона и их предпочтения изменяются, путешественники стараются

выбирать места размещения с экологической, эстетической, высококомфортной обстановкой. Эти требования обусловили рост новых форматов средств размещения, одним из которых является глэмпинг.

Цель исследования – на основе анализа развития индустрии глэмпинга в Алтайском регионе предложить варианты нового направления в размещении – внедрение этнических элементов для погружения в культуру народов и придания уникальности.

Задачами исследования являлись исследование динамики развития глэмпингов, изучение географических мест локаций данных средств размещения, выявление основных тенденций развития, проведение анализа видов глэмпингов, существующих на исследуемой территории.

Материалы и методы исследования

В ходе работы были использованы следующие методы исследования – общенаучные методы (анализ и синтез, обобщение, индукция и дедукция, аналогия); методы сравнительного и статистического анализа, библиографический, картографический. В основу работы положены материалы из официальных документов и законодательных актов, литературные данные, собственные исследования и наблюдения автора. Теоретической и методологической основой исследования послужили разработки отечественных и зарубежных исследователей в индустрии глэмпинга (Н.Л. Безрукова [1], Е.Л. Драчева, А.В. Николаева [2], Д.Л. Островкин, А.В. Муртазина [3], Х.И. Нгуен, Т.Ф. Нгуен [4], Н.В. Красильникова, Л.В. Сотова [5], А.А. Гамалей, В.П. Назарова [6], Т.Е. Лебедева, М.П. Прохорова, Н.М. Кузьмина [7]), которые изучили развитие глэмпинг-туризма, провели анализ региональных проектов и рассматривают особенности развития данных средств размещения. Н.Г. Прудникова, М.Н. Игнатенко, А.В. Дудник [8] исследовали развитие туризма и глэмпингов в Алтайском регионе.

Результаты исследования и их обсуждение

При характеристике развития туризма на Алтае имеются в виду два субъекта федерации: Алтайский край и Республика Алтай, которые представляют собой единое экономическое и туристское пространство [9]. Около 1000 коллективных средств размещения на 90 тыс. мест, более 600 сельских домов, 45 санаториев на 10 тыс. мест. Основные дороги представлены двумя федеральными автотрассами, с этого года автомагистраль Р-256 (Чуйский тракт) стала частью международного АН4 Новосибирск – Карачи. Регион граничит с тремя государствами – Китаем, Монголией, Казахстаном. В Алтайском крае расположены 123 особо охраняемые природные территории (ООПТ) – 1 заповедник федерального значения «Тигирекский», 36 государственных природных заказников, 84 памятника природы, 2 природных парка, а также курорт федерального значения Белокуриха, игорная зона «Сибирская монета», ОЭЗ ТРТ «Бирюзовая Катунь». Республика Алтай представлена 57 объектами, из них 5 объектов федерального значения и 52 объекта регионального; ООПТ федерального значения – Алтайский и Катунский государственный природный биосферный за-

поведник, национальный парк «Сайлюгемский», также 5 объектов ЮНЕСКО, кластер «Каракольские озера», ГЛК «Манжерок» и «Телецкий».

Официальную классификацию прошла большая часть отелей, санаториев и туркомплексов. Всего в Алтайском крае работает около 500 организаций гостиничных услуг, 200 сельских домов [10]. На 01.11.2023 классификацию прошли 299 объектов размещения (67% от коллективных средств размещения (КСР), подлежащих классификации), из них: 5* у 2 КСР (87 номеров); 4* у 17 КСР (1306 номеров); 3* у 37 КСР (2984 номера); 2* у 24 КСР (822 номера); 1* у 13 КСР (299 номеров); категория «без звезд» у 206 КСР (3829 номеров) [11].

В Республике Алтай 463 КСР и 426 сельских домов, из них 136 классифицированных: 5* у 4 КСР; 4* у 11 КСР; 3* у 19 КСР; 2* у 6 КСР; 1* у 6 КСР; категория «без звезд» у 90 КСР.

Итого классифицированных КСР по 2 субъектам 435, из них: отелей 5* – 6; отелей и санаториев 4* – 28; отелей, санаториев, туркомплексов 3* – 56; отелей, турбаз 2* – 30; отелей, турбаз 1* – 19; отелей, турбаз «без звезд» – 296 [11]. Прогноз динамики роста турпотока в регионе с учетом последних лет – прирост 10–15% ежегодно.

Развитие туристской отрасли позволяет создавать дополнительные рабочие места для местного населения, тем самым повышая его материальное благосостояние и уровень жизни.

Основные потребительские группы и их территориальное расположение. Конкуренция в гостиничной сфере, цифровизация, новые тренды с каждым годом меняют портрет потребителя гостиничных услуг [12]. Целевая аудитория – российские туристы из различных регионов (европейская Россия, Урал, Сибирь и Дальний Восток), путешествующие с познавательными целями и погружением в территорию.

Активно развиваются экскурсионно-познавательные виды туризма, экологические, конные, водные, событийные туры. При этом гости, выбирающие активные варианты отдыха, предпочитают размещаться в благоустроенных домах. С 2018 г. на Алтае появился первый глэмпинг и начался рост данных средств размещения [13]. Увеличению спроса способствовали пандемия и закрытие границ. Многие кемпинги и турбазы начали улучшать свои условия проживания и устанавливать стеклянные шатры, юрты и другие формы глэмпинг-размещения.

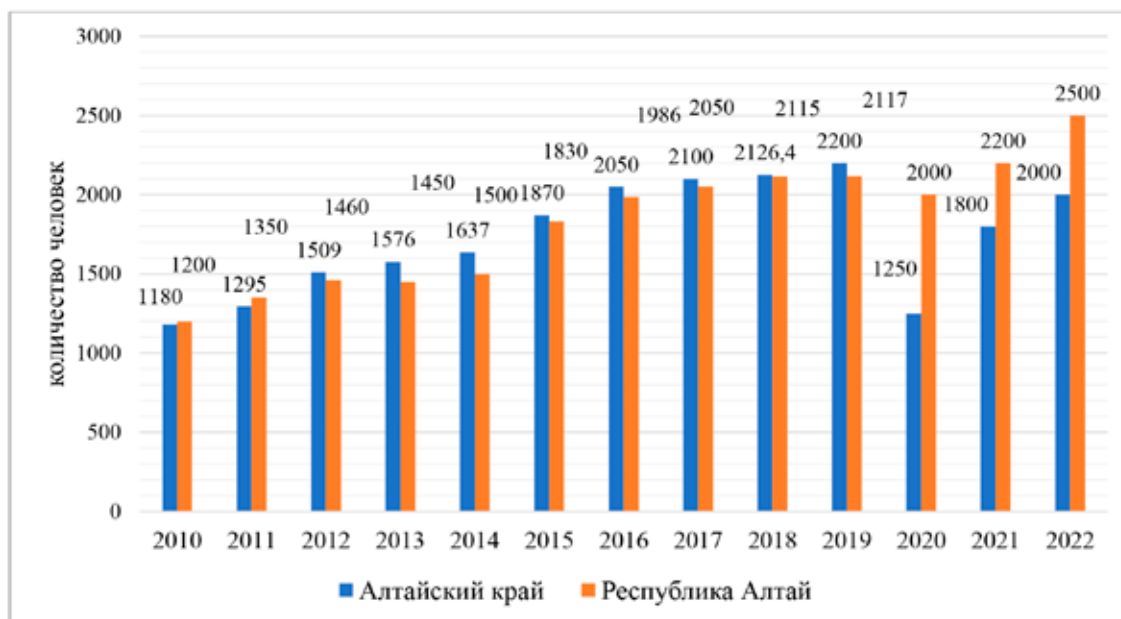


Рис. 1. Динамика количества туристов, прибывающих в Алтайский край и Республику Алтай
 Источник: составлено автором по [9,10]

Для развития и реализации данного направления необходимы инвестиции. Основной объем внебюджетных инвестиций в создание объектов туризма традиционно поступает от трех крупных инвестиционных проектов – особой экономической зоны «Бирюзовая Катунь», игровой зоны «Сибирская монета» и г. Белокуриха, включая туристскую территорию «Белокуриха горная». Все вышеперечисленные проекты находятся в активной стадии реализации.

Из рис. 1 видно, что количество туристов в регионе с каждым годом растет и не хватает современных средств размещения, соответствующих потребностям туристов, которые желают качественного и аутентичного размещения.

Глэмпинги на рынке региона. По данным анализа официальных сайтов [13–15] и представленных на них картах в СФО расположено 45 глэмпингов. По данным сайтов ассоциации глэмпингов [13–15] на территории Алтайского края и Республики Алтай расположено 30 глэмпингов, из них 89% глэмпингов расположены по берегам р. Катунь (рис. 2). Но, если смотреть по поиску на сайтах турпоиска «глэмпинг на Алтае», выходит 117 мест в Республике Алтай и 12 в Алтайском крае. Таким образом, эта тенденция привлекает много внимания и поэтому многие кемпинги и дома отдыха позиционируют себя глэмпингами, на деле не являясь таким средством размещения.

Таким образом, расположение глэмпингов по берегам реки в лесу позволяет полностью создать атмосферу уюта и единенности в сочетании с высококлассным комфортом. Проведя анализ средств размещения, было выявлено, что на территории Алтайского региона представлены следующие виды глэмпингов: купольные отели, шатры, А-фреймы, модульные дома, тент-хаусы, дома-сферы, геокупола, дома-полусферы, барнхаусы, юрты, сафари-тенты. Такой разнообразный выбор дает возможность не только отдохнуть в разных природных дестинациях, но и попробовать разные виды глэмпингов и сравнить их услуги.

Рост количества глэмпингов (рис. 3) связан с общей тенденцией роста престижного и уединенного отдыха в купольных отелях по России, пандемией 2020 г., современной ситуацией развития внутреннего туризма, комфортными условиями развития глэмпинг-индустрии на Алтае.

Авторы провели сравнительный анализ глэмпингов на территории Алтайского региона, расположенных в разных природных дестинациях и имеющих свой сайт (таблица).

Как следует из таблицы, глэмпинги на Алтае представлены разнообразными видами средств размещения – от юрты до сферы, ценовая категория от 3 500 и выше, с разными вариантами питания.

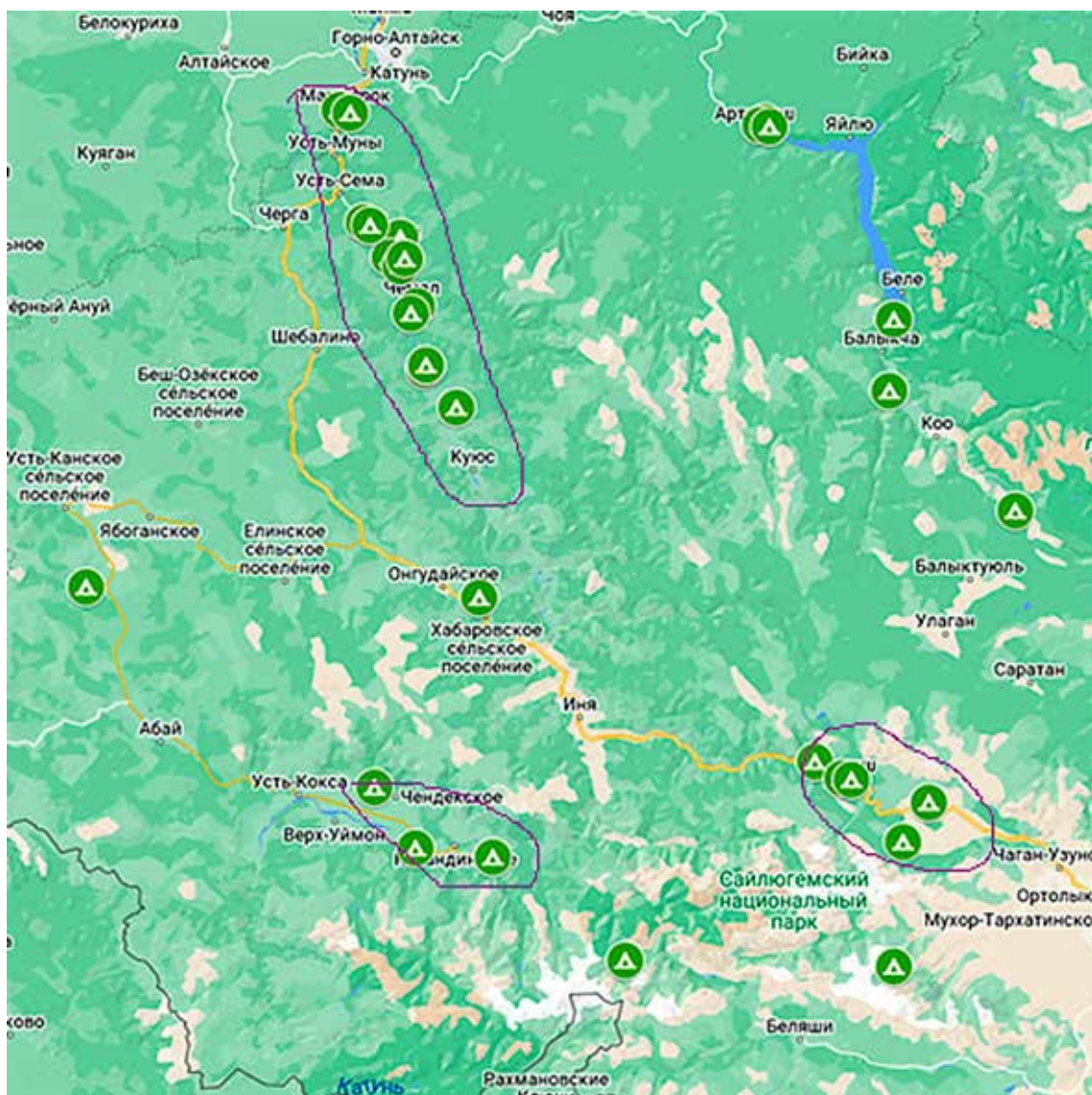


Рис. 2. Глэмпинги и основные локации на рынке региона [15]

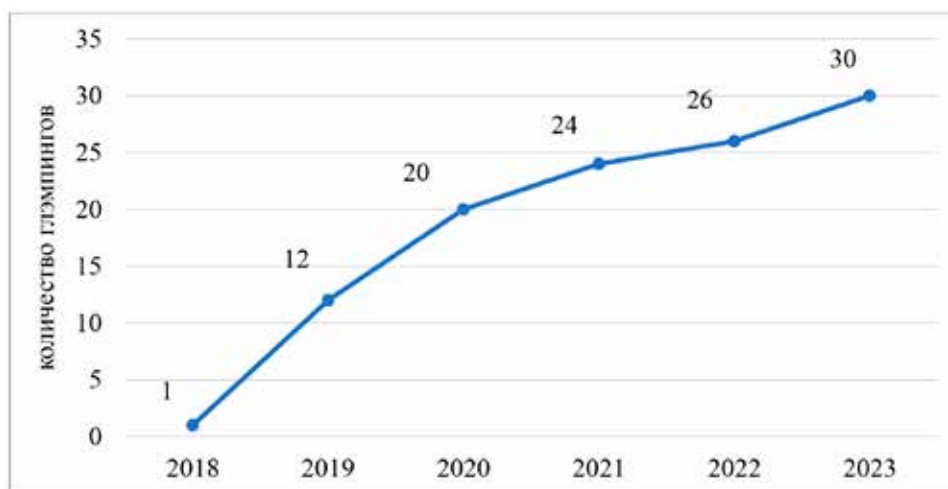


Рис. 3. Динамика роста средств размещения – глэмпингов в Алтайском регионе [9, 11, 13, 5]

Сравнительная характеристика глэмпингов в Алтайском регионе

Название глэмпинга	Расположение	Виды конструкций	Цена (сутки на двоих, 2023 г., руб.)	Сайт	Питание
Вдох	с. Анос, Центральная, 127	Гео купол Нео юрта Space люкс	9 200 11 600 15 600	https://vdohaltay.ru/	входит завтрак есть кафе
Чепош-парк	с. Чепош, Чемальский тракт 10 км, 1/1	Барнхаус Панорамик Хаус Модом Апартаменты Бунгало Скай дом Шале Стандарт Тентхаусы	6 600 по запросу 7 900 по запросу 6 200 по запросу 30 000 5 700 по запросу	https://cheposhpark.ru/	ресторан
Мир Алтай	Чуйский тракт 836 километр, 1 Кош-Агачский район	Купольные дома Лесные шатры	16 650 6 000	https://altai-world.com/	входит завтрак есть кафе
Mamont camp Алтай	Усть-Кокса – Уужай 6-й км, 1	Шатры «Комфорт» «Премнум».	240 000 320 000	https://mamontcamp.ru/	завтрак, обед, ужин
Cloud Park Altay	Чемальский тракт 56 км, 5	Сфера	9 500	https://cloudparkaltay.ru/	ресторан
Сайкол Глэмпинг	с. Инегень, Заречная улица, 100 Чуйский тракт 823 км, 3	Сафари-тент	7 000 до 10 000	https://saikolglamping.ru/	завтрак + ужин ресторан
Айвенго	с. Еланда, урочище Че-Чкыш, 1	А-фрейм Барнхаус	5 500 6 500	https://ivengoaltay.ru/	ресторан
Тайгала	с. Чибит Чуйский тракт 781 км, 4	Сафари-тент	6 100	https://taigala.ru/	завтрак + ужин (+1300) ресторан
Royal Forest	с. Чемал, ул. Калинина 68	Купол	9 000	https://altaitg.ru/catalog/turbazy-i-oteli/chemal/kupolnaya-baza-royal-forest/	общая кухня
Август	Алтайский район, Айский тракт, 82	Барнхаус Большой зеркальный куб	9 900 14 900	https://augustglamping.ru/	завтрак, рестобар
Garden Glamp	с. Элекмонар Куномская улица, 10	Тент-хаус	10 000	https://gardenglamp.ru/	завтрак, ресторан
Алтай Forest Glamp	с. Артыбаш Телецкая улица, 116	Купол	12 000	https://forestglamp.ru/	завтрак
Ороктой парк	Чемальский район Урочище Бийка, 3	Сафари-тент Тентхаус	4 500 10 000	https://oroktoypark.ru/	завтрак
Алтай Грин	с. Чемал Урочище Ареда, 7	Сфера	4 000	https://altay-green.ru/	завтрак
Brosko Terra	с. Малый Яломан Чуйский тракт 691 км трасса, 2	Купол	6 500	https://vk.com/brosko_terra	–
Geometrika lounge hotel	с. Озерное, Майминский район Приозерный проезд, 1Б	Prisma Chalet Люкс Kub House Sfera 360 Georoom	16 800 8 800 12 800 4 800	https://geohotel.ru/	завтрак, обед, ужин – за доп. плату
Lednik camp	долина реки Талдура (высота 2350 м)	А-фрейм	33 000	https://lednik-camp.ru/	ресторан

Окончание табл.

Название глэмпинга	Расположение	Виды конструкций	Цена (сутки на двоих, 2023 г., руб.)	Сайт	Питание
Лес и Море	с. Беляши, Кош-Агачский район Джазатор 3-й км, 20	Палаточный мини-отель	30 000	https://altay.lesimore.com/	завтрак, ужин
Бадан	с. Элекмонар, Куюмская улица, 3	Сафари-тент А-фрейм	8 900 19 500	https://badan-glamping.ru/	завтрак
Map Glamp	с. Тюнгур, Усть-Коксинский район, Заречная улица, 3а	Юрта Купол	3 500 6 000	https://map-glamp.ru/	–
Алтайское кочевье	Алтайский район, урочище Талдушка	Юрта	9 900	https://altainomad.ru/	завтрак

Далее, нами были выбраны глэмпинги в разных природных зонах для предложения рекомендаций с этнической составляющей для дальнейшего развития этого направления.

Большой популярностью пользуются глэмпинги у реки в лесу и в уединенном месте, это, например, небольшая часть района р. Катунь, поэтому локации в этих местах более успешны, прибыльны и выгодны.

«Сайкол глэмпинг» расположен в трех алтайских локациях: юг Телецкого озера, в п. Инегень и в районе Курайской степи. По утрам гостям предлагают завтрак по меню. Окрестности отлично подходят для пеших походов. Основной акцент на туристах из ближайших регионов, путешествующих на собственных автомобилях. Цена: 9000 руб. в сутки на двоих (завтрак, ужин). Преимущества: живописные локация, высокий уровень сервиса. Недостатки: географическое расположение, труднодоступное место, высокая цена, сезонность.

«Чепош парк» расположен в сосновом лесу на берегу р. Катунь. В 12 км проходит федеральная автодорога Р256, а в 15 км находится Камышлинский водопад. Гостям доступны различные варианты размещения: сезонные палатки на деревянных платформах, простые номера с теплыми полами, деревянные бунгало, апартаменты с кухней. В отеле есть кафе с террасой, принадлежности для приготовления барбекю и отдельные бани в деревянных домиках. Цена: 13000–14000 руб. в сутки на двоих (завтрак). Преимущества: высокий уровень сервиса. Недостатки: видны рядом расположенные дома, нет уединенности.

Глэмпинг «Алтайское кочевье» расположен в Алтайском районе Алтайского края на территории Особой экономической зоны туристско-рекреационного типа «Би-

рюзовая Катунь». В 40 км находится Горно-Алтайск, в 4 км – аквапарк и горнолыжный склон ОЭЗ ТРТ «Бирюзовая Катунь», в 14 км – ГЛЦ «Манжерок». Размещение – юрточный комплекс со всеми удобствами. Цена 6900 руб. в сутки на двоих (завтрак). Преимущества: высокий уровень сервиса, уединенность, географическое расположение. Недостатки: сезонность, нет реки.

Для более глубокого погружения в культуру народов, проживающих на исследуемой территории, нами предлагается внедрение этнических элементов в местах проживания, так как Алтай исконно является прародиной кочевников, а кочевой образ жизни, традиционные жилища и погружение в этнику интересны туристам. Это может включать в себя этнографическую тематику при проживании, различные формы туристского досуга и активностей, традиционное народное искусство и фольклор – тематические мастер-классы, дегустации, творческие вечера с песнями и играми на национальных инструментах; создание нового турпродукта с погружением в историческую ретроспективу (увидеть, какие раньше были жилища у алтайского этноса, примерить одежду, попробовать поиграть на национальных инструментах, подержать различные орудия).

На протяжении многих столетий Южная Сибирь была колыбелью кыргызов (Кыргызский каганат VI–XIII вв. н. э.). Кочевые тюркские племена оказали сильное влияние на этнокультурные связи на Алтае [8]. Тюрки всего мира считают Алтай прародиной. Кочевой образ жизни вплоть до XX в. был здесь традицией.

Была просчитана финансовая эффективность реализации проекта внедрения этнических элементов в глэмпинг-индустрию, масштабирования и развития смежных ус-

луг, в том числе образования, общественно-го питания, ремесел, местного фермерства и других направлений малого и среднего предпринимательства. Для расчета финансовой эффективности нами был разработан бизнес-план проекта этноглэмпинга. Внутренняя норма доходности (рентабельности) IRR – 18,90%. Помимо мероприятий предлагается реализовывать местную продукцию: экологические продукты питания, этнические сувениры. Также нами предлагается создание тропы для расширения инфраструктуры активного отдыха гостей, а также для всех путешественников, желающих заняться активным туризмом. Экотропа разнообразит экоактивности туристов, будет способствовать экопросвещению и охране природы. Гости увидят экоориентированную территорию, а местное сообщество – возможность транслировать свои традиции, обычаи и фольклор, используя многофункциональные зоны на создаваемой экотропе.

Экотропа протяженностью 1 км по территории ОЭЗ ТРТ «Бирюзовая Катунь» оборудована смотровой площадкой с видом на урочище Талдушка и видовой площадкой в районе вышки сотовой связи с видом на долину р. Катунь. Тропа линейного типа в дальнейшем будет интегрирована в систему кольцевых троп протяженностью несколько километров, связанную с комплексом Талдинских пещер. Тропа выполняет эколого-просветительскую и образовательную функции.

Включение данной тропы в более крупную систему экотроп по Талдинским пещерам, а также в проектируемую комплексную (пешеходная, велосипедная, конная) туристскую тропу Бирюзовая Катунь – Ая (25 км) линейного типа позволит интегрировать общий турпоток региона Нижняя Катунь. Многофункциональная смотровая площадка позволяет создать событийный календарь экоориентированных мероприятий, таких как фестиваль экодизайна, этноконцерты местных коллективов и исполнителей, гастрономические фестивали и дегустации.

При проектировании сделан упор на ландшафтный дизайн территории, который объединяет в себе императивы сохранения эстетической ценности природного пейзажа и укоренения этических нормативов при территориальном планировании. Центральные этические императивы инфраструктурных и архитектурных решений: комфортная и безопасная архитектурно-

природная среда; органический ландшафтный дизайн; композиционное единство архитектурных объектов и морфологии ландшафта; использование «местных» строительных материалов – включение элементов естественного ландшафта в пространственную структуру архитектурных объектов; энергоэффективное строительство; уважение к культурному наследию и возрождение ремесленных традиций.

Предлагаемое внедрение этнических элементов дает возможность в дальнейшем увеличить стоимость размещения. Данная позиция обусловлена необычностью и исключительностью услуги. Внедрение данных позиций даст возможность глэмпингу выделяться и получить новые уникальные характеристики – этнодизайн, экологичность, аутентичность.

Заклучение

Алтайский регион обладает рядом преимуществ для развития глэмпинг-индустрии: экологичность территории, разнообразие природных ресурсов (от степей до высокогорья), возможность вписать в ландшафт конструкции глэмпинга, преимущества уединенности размещения, высокий сервис, комфортабельность и варианты внедрения этнических элементов в отдых гостей.

Особенности развития глэмпинга – природная дестинация, экологичность, высокий уровень комфорта, выбор разнообразных услуг, отличное сервисное обслуживание, сохранение ландшафтов, быстровозводимые модули средств размещения, эстетика и обособленность. Основные сложности – сезонность, конкурентность, амортизация, удаленность.

На территории Алтайского региона расположено около 1600 средств размещения, из которых официально только 2% являются глэмпингами (если смотреть на сайтах поисковиков по туризму, то около 8%). Проанализировав варианты размещения в глэмпинге, было выявлено, что большая часть глэмпингов расположена на берегах р. Катунь, они представлены разными вариантами конструкций – от купола до люкшатров с террасой и купелью. Для придания уникальности глэмпингам нами предлагается внедрение этнических элементов в отдых гостей региона.

Список литературы

1. Безрукова Н.Л. Глэмпинг: понятие, виды и перспективы развития в России // Современные проблемы сервиса и туризма. 2020. № 2. С. 28–37. DOI: 10.24411/1995-0411-2020-10203.

2. Драчева Е.Л., Николаева А.В. Глэмпинг как новая концепция отдыха и перспективы его развития в России // Российские регионы: взгляд в будущее. 2021. № 2. С. 69–83.
3. Островкин Д.Л., Муртазина А.В. Глэмпинг как новое направление туристической деятельности: особенности и перспективы развития // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12, № 10. С. 2851–2864. DOI: 10.18334/err.12.10.116388.
4. Нгуен Х.И., Нгуен Т.Ф.-Т. Современное состояние и перспективы развития глэмпинга в России // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. 2020. № 2–2. С. 100–106.
5. Красильникова Н.В., Сотова Л.В. Глэмпинги как современный тренд в туризме // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2023. Т. 9, № 1. С. 27–39. DOI: 10.18413/2408-9346-2023-9-1-0-3.
6. Гамалей А.А., Назарова В.П. Анализ опыта проектирования глэмпинг-парков как объекта индустрии экологического туризма // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14, № 2. С. 1–14. [Электронный ресурс]. URL: <https://esj.today/PDF/24SAVN222.pdf> (дата обращения: 10.11.2023).
7. Лебедева Т.Е., Прохорова М.П., Кузьмина Н.М. Глэмпинг: мировой опыт, перспективы развития в России // Московский экономический журнал. 2020. № 4. С. 680–686. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10262.
8. Прудникова Н.Г., Игнатенко М.Н., Дудник А.В. Туристская индустрия и развитие туризма в Республике Алтай // География и природопользование Сибири. 2019. № 26. С. 174–181.
9. Информация о развитии туристической отрасли Республики Алтай / Министерство экономического развития Республики Алтай. [Электронный ресурс]. URL: <https://altai-republic.ru/tourism/development/> (дата обращения: 04.12.2023).
10. Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай. [Электронный ресурс]. URL: <https://22.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 09.12.2023).
11. Реестр классифицированных объектов: пляжи, горнолыжные трассы, гостиницы и иные средства размещения / Министерство экономического развития Республики Алтай. [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/turizm/reestr_turizm/reestr_klassifitsirovannyh_obektov/ (дата обращения: 04.12.2023).
12. Духовная Л.Л., Гончарова О.В., Красноженова Г.Ф. Глэмпинги в России и за рубежом: модный тренд или перспективный формат? // Сервис в России и за рубежом. 2022. Т. 16, № 2. С. 65–76. DOI: 10.24412/1995-042X-2022-2-65-76.
13. Ассоциация глэмпингов / НКО России [Электронный ресурс]. URL: <https://glamping-association.ru/> (дата обращения: 14.10.2023).
14. Глэмпинги России / Сайт-агрегатор глэмпингов [Электронный ресурс]. URL: <https://глэмпинги.рф/> (дата обращения: 08.11.2023).
15. Глэмпинги России // Карта со всеми глэмпингами страны [Электронный ресурс]. URL: <https://greattrips.ru/glampings> (дата обращения: 15.10.2023).

УДК 911.52:910.3
DOI

ВЛИЯНИЕ ОТКРЫТОСТИ ИВАНО-АРАХЛЕЙСКИХ ОЗЕР НА ФОРМИРОВАНИЕ В НИХ ДОННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНО МАЛОВОДНЫЙ ПЕРИОД

Матафонов П.В., Шойдоков А.Б., Базарова Б.Б., Матюгина Е.Б., Михеев И.Е.

*ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита,
e-mail: benthos@yandex.ru*

Ивано-Арахлейские озера – модельная группа озер в Восточной Сибири, при изучении которых была предложена гипотеза зависимости степени гидрофитности озер от колебаний уровня воды и ветрового взмучивания. В гипотезе не рассматривался вопрос влияния открытости озер на формирование в них донных ландшафтов. В 2016 г. в Ивано-Арахлейских озерах выполнены исследования распределения донных осадков и макрофитов. Снижение уровня воды в озерах к 2016 г. до экстремально низких за 70-летний период наблюдений отметок привело к осушению песчаных и галечниковых мелководий и преобладанию илистых осадков, в глубоком озере Арахлей произошло уменьшение максимальной глубины произрастания макрофитов. Корреляционный анализ выявил связь прозрачности воды и глубины распространения макрофитов в озерах. Факторным анализом выявлено наибольшее негативное влияние открытости озер на прозрачность воды и глубину зарастания в озерах Шакшинское и Иргень. В фазу экстремально низкой водности озер большая открытость озер способствует взмучиванию преобладающих в озерах илистых грунтов. Особенности формирования донных ландшафтов в озере Шакшинском необходимо принимать во внимание при проведении экологической экспертизы и оценки осуществляемых на озере хозяйственных проектов.

Ключевые слова: ландшафты, Ивано-Арахлейские озера, показатель открытости озер, прозрачность воды, глубина зарастания, донные осадки

Завершающий анализ всех материалов, собранных летом 2016 г., выполнен в 2023 году в рамках договора № 2.0110.23.05-НИР от 20 июля 2023 г. для реализации крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технического развития в рамках подпрограммы «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» в процессе реализации проекта (мероприятия): «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории».

INFLUENCE THE OPENNESS OF THE IVANO-ARAKHLEI LAKES ON THE FORMATION OF BOTTOM LANDSCAPES IN THEM IN AN EXTREMELY LOW-WATER PERIOD

Matafonov P.V., Shoydakov A.B., Bazarova B.B., Matyugina E.B., Mikheev I.E.

*FSBIS Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita,
e-mail: benthos@yandex.ru*

Ivano-Arakhley Lakes are a model group of lakes in Eastern Siberia. During their study, the hypothesis of the dependence of lake overgrowth on fluctuations in water level and wind stirring was proposed. The hypothesis did not consider the influence of the openness of lakes on the formation of bottom landscapes in them. In 2016, studies of the distribution of bottom sediments and macrophytes were carried out in the Ivano-Arakhley lakes. Reduction of water level in lakes by 2016 the extremely low levels over the 70-year period of observations led to the drainage of sandy and pebble shallow waters and the predominance of silty sediments, in the deep lake Arachley there was a decrease in the maximum depth of macrophyte growth. Correlation analysis revealed a relationship between water transparency and the depth of macrophyte distribution in lakes. Factor analysis revealed the greatest negative impact of the openness of lakes on the transparency of water and the depth of overgrowth in lakes Shakshinskoe and Irgen. In the phase of extremely low water content of lakes, the great openness of lakes contributes to the agitation of the silty soils prevailing in the lakes. The peculiarities of the formation of bottom landscapes in Lake Shakshinsky must be taken into account when conducting an environmental assessment and evaluation of economic projects carried out on the lake.

Keywords: landscapes, Ivano-Arakhley lakes, indicator of lake openness, water transparency, depth of overgrowth, bottom sediments

The final analysis of all materials collected in the summer of 2016 was carried out in 2023 within the framework of agreement № 2.0110.23.05-NIR dated July 20, 2023 for the implementation of a major scientific project in priority areas of scientific and technological development within the framework of the subprogram “Fundamental scientific research for long-term development and ensuring the competitiveness of society and the state” of the state program of the Russian Federation “Scientific and technological development of the Russian Federation” in the process of implementing the project (event): “Fundamental principles, methods and technologies for digital monitoring and forecasting of the environmental situation of the Baikal natural territory”.

Для обоснованного выбора методологии рационального воздействия на экологическую ситуацию в озерах используют экологически ориентированные лимнологические исследования с использованием ландшафтного подхода [1, с. 434]. При этом, как в отношении прибрежно-морского ландшафтоведения [2, с. 14-15], перспективы озерного ландшафтоведения очевидно связаны со стационарными исследованиями и моделированием динамики гидродинамических и биогеохимических параметров экосистем, а также с предоставлением базовой эколого-географической информации для целей пространственного планирования.

Ивано-Арахлейские озера – модельная группа озер, на которых в Восточной Сибири выполняются многолетние стационарные гидробиологические исследования закономерностей динамики структурно-функциональной организации пресноводных экосистем в условиях ультраконтинентального климата и циклических изменений увлажненности территории [3]. Исследования озер были начаты в 60-е гг. XX века. В дальнейшем на их основе была предложена гипотеза об изменении степени гидрофитности озер под влиянием колебания уровня и его ветрового ресуспендирования [3, с. 94]. В гипотезе рассматривались преимущественно мелководные Ивано-Арахлейские озера в период средней и высокой водности. Было выявлено, что при снижении уровня воды возрастает степень ветрового ресуспендирования донных отложений. Известно, что влияние климатических факторов наиболее сильно выражено в водоемах с высоким показателем открытости [4, с. 160]. Однако, влияние открытости котловин Ивано-Арахлейских озер как фактора формирования в них донных ландшафтов не рассматривалось.

Цель исследования – выявить влияние открытости озерных котловин на формирование донных ландшафтов в Ивано-Арахлейских озерах в экстремально маловодный период.

Материалы и методы исследования

В состав системы Ивано-Арахлейских озер (52.208200°с.ш., 112.869338°в.д.) входят глубоководное оз. Арахлей с максимальной глубиной 17 м и мелководные озера: Тасей, Иван, Шакшинское, Большой Ундугун и Иргень. Данная система расположена в лесостепной зоне Забайкальского края на стыке водосборных бассейнов рек

Лены и Енисея. Господствующими ветрами являются северо-западные и западные. За период с 1953 по 2023 гг. в динамике уровня воды наиболее маловодными были 1980 г. и 2016 г. Уровень воды в 2016 г. в озерах достигал экстремально низких значений за 70 лет наблюдений. В настоящее время озера являются популярным местом отдыха забайкальцев и ядром одноименного природного парка.

Исследования макрофитов, донных осадков и прозрачности воды в Арахлейских озерах выполнены с 6 по 15 августа 2016 г. Станции исследований равномерно распределены во всем диапазоне глубин в западной части озер: оз. Тасей (52.29536°с.ш., 113.06544°в.д.–52.29620°с.ш., 113.08640°в.д.), оз. Иван (52.24957°с.ш., 112.97673°в.д. – 52.24151°с.ш., 112.99957°в.д.), оз. Арахлей (52.21675°с.ш., 112.83456°в.д.–52.20597°с.ш., 112.86735°в.д.), оз. Шакшинское (52.18121°с.ш., 112.69888°в.д.–52.17641°с.ш., 112.78133°в.д.), оз. Б. Ундугун (52.09536°с.ш., 112.53239°в.д. – 52.09380°с.ш., 112.56997°в.д.), оз. Иргень (52.00136°с.ш., 112.50854°в.д.–51.99377°с.ш., 112.54353°в.д.). Пробы донных осадков и макрофитов отобраны дночерпателем Петерсена (ДЧ-0,025) в одной повторности на станции: четыре – в оз. Тасей; по пять – в озерах Шакшинское и Иван; шесть – в оз. Б. Ундугун и Ирень; семь – в оз. Арахлей. Всего отобрано 33 комплексных проб. Прозрачность воды оценена по диску Секки. Тип донных осадков определен непосредственно на водоеме. Названия видов дано по Catalogue of Life (<https://www.catalogueoflife.org/?taxonKey=664D>). Значения фитомассы макрофитов приведены в воздушно-сухом весе. Глубина распространения макрофитов определена как среднее значение между максимальной глубиной обнаружения постоянных зарослей макрофитов и следующей за ней по глубине станции, где макрофиты отсутствовали. Статистическая обработка данных выполнена в программах Excel Stat. Для выявления взаимосвязи между открытостью озер, прозрачностью воды, морфометрическими параметрами озер и максимальной глубиной произрастания макрофитов проведен факторный анализ методом главных компонент. В анализе использованы основные морфометрические показатели озер за многоводные годы и 2016 г. (табл. 1). Эти же показатели использованы для расчета коэффициента открытости озер – отношения площади озера к его средней глубине.

Таблица 1

Морфометрические, гидрологические и биологические показатели состояния Ивано-Арахлейских озер

Озера	S, км ²	V, м ³	W _м , м	L, м	T, м	D, м	D _м , м	H _{макр} , м	K _{отп}
Арахлей	59	0,6	5,3	11	4,5	13,7	10,2	4,5	5,8
Шакшинское	51,8	0,23	4,8	11	0,75	4,5	4,4	1,1	11,8
Иван	15,2	0,05	2,1	7,1	2,9	4,4	3,1	2,9	4,9
Тасей	14,5	0,045	1,8	8,1	1,1	2,1	3,1	2	4,7
Большой Ундугун	11,6	0,026	2,3	5	1,1	3,3	2,2	2,1	5,3
Иргень	33,2	0,06	4,2	8	0,6	3,1	1,8	0,85	18,4

Примечание: S – площадь озера [5, с. 46], V – объем озера [5, с. 46], W_м – средняя ширина озера [5, с. 46], L – длина озера [5, с. 46], T – прозрачность воды в озере в 2016 г., D – максимальная глубина озера на профиле в 2016 г., D_м – средняя глубина озера [5, с. 46], H_{макр} – глубина распространения макрофитов в озере в 2016 г., K_{отп} – коэффициент открытости озера.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2016 г. глубина оз. Арахлей в центральной части достигала 13,7 м, прозрачность воды составила 4,5 м. Наименьшая глубина и прозрачность воды зарегистрирована в оз. Иргень. Показатель открытости озер Арахлей, Иван, Тасей и Б. Ундугун варьировал в относительно узком диапазоне – от 4,7 до 5,8. На этом фоне значительно большим показателем открытости отличались озера Шакшинское и, особенно, озеро Иргень (табл. 1).

Основным типом донных отложений Арахлейских озер в 2016 г. были серые илы. Галечниковые, гравийные, песчаные и заиленно-песчаные грунты занимали преимущественно очень узкую прибрежную зону озер (табл. 2), только в оз. Шакшинском заиленные с дресвой пески отмечены до максимальных глубин. В оз. Ундугун и, особенно, в оз. Иргень преобладал комковатый ил, что обусловлено перемешиванием водной толщи и донных осадков. В отличие от других озер в оз. Шакшинское преобладали темно-серые и черные илы, что свидетельствует об анаэробных условиях в придонном слое.

Таблица 2

Типы донных осадков и фитомасса (г/м²) макрофитов в зоне зарослей в Ивано-Арахлейских озерах, июль 2016 г.

Вид	Озера						Тип донных осадков	Глубина, м
	Арахлей	Шакшинское	Иван	Тасей	Б.ольшой Ундугун	Иргень		
<i>Potamogeton praelongus</i> Wulf	180	–	–	–	–	–	заиленный песок, детрит	3,6
<i>P. perfoliatus</i> L.	–	–	–	13	18,3	13,2	песок, серый заиленный песок, серый ил	0,3-0,4
<i>P. compressus</i> L.	–	–	–	31	7,7	20	серый заиленный песок, серый и черный ил	0,3-1,5
<i>Myriophyllum sibiricum</i> Kom	3	320	52	142	–	120	песок, серый и черный ил	0,5-1,5
<i>Elodea canadensis</i> Michx	–	400	373	8,3	98	–	серый заиленный песок, серый и черный ил	0,5-2,3
<i>Lemna trisulca</i> L	8,4	–	–	–	–	–	песок	1,4
<i>Chara arcuatofolia</i> Vilh.	120	–	–	–	–	–	песок	1,4
<i>Chara</i> sp.	–	–	–	65	10,7	–	серый заиленный песок, серый ил	1,5-2,1
<i>Nymphoides peltata</i> (S. G. Gmel.) Kuntze	–	–	–	–	–	11	песок	0,2
Всего	312	720	425	259	135	164		

Снижение уровня воды в 2016 г. сопровождалось сокращением максимальной глубины озер, уменьшением глубины зарастания макрофитами [6], осушением песчаных и галечниковых грунтов [7, 8]. Так снижение уровня воды на два метра в озере Арахлей привело в 2017 г. к сокращению песчаных и преобладанию илистых биотопов [8]. Если в многоводные годы пески с галькой распространены до глубины три метра, то в 2016–2017 г. в западной литорали озера на глубине два метра и более грунты были представлены илами. Так, влажность грунтов в зоне глубин до 1,5 м включительно изменялась от 25 до 30%, а на глубине два метра и глубже не была меньше 90%, что в озере Арахлей соответствует илам [8, с. 4].

Макрофиты в материалах исследования представлены девятью видами (табл. 2). В 2010 г. в оз. Шакшинское впервые зарегистрирован чужеродный вид *E. canadensis*. К 2016 г. она расселилась по всем водоемам Ивано-Арахлейской системы.

Зарастаемость макрофитами озер была от полной (оз. Тасей) до незначительной (оз. Шакшинское и Иргень) (табл. 1). В озере Арахлей заросли макрофитов обнаружены до глубины 3,6 м – здесь они были сформированы *P. praelongus* (табл. 2). В оз. Иван в зоне глубин от 0,6 до 2,3 м заросли формировала *Elodea canadensis* (до 320–400 г/м²). В озере Тасей на глубинах от 0,3 м до 1,5 м в структуре зарослей доминировала *Myriophyllum sibiricum* с фитомассой 240–320 г/м², а в зоне наибольших глубин озера обнаружены заросли харовых водорослей. Постоянные заросли макрофитов в оз. Б. Ундугун обнаружены до глубины 1,1 м, где они были представлены небольшим количеством *Sparganium* sp. и харовых водорослей. Зона меньших глубин довольно плотно (90–200 г/м²) зарастала *Elodea canadensis*. В озерах Шакшинском и Иргень макрофиты занимали очень узкую прибрежную зону до глубины 0,5 и 0,4 м соответственно. В оз. Шакшинском заросли были сформированы *Elodea canadensis* (до 400 г/м²) и *Myriophyllum sibiricum*, в оз. Иргень – преимущественно *Myriophyllum sibiricum*, а также рдестом *P. perfoliatus* и *Nymphaoides peltata*.

В целом по доминированию в фитомассе ландшафтообразующими в зоне зарослей Ивано-Арахлейских озер были *Potamogeton praelongus*, *Myriophyllum sibiricum*, *Elodea canadensis*, харовые водоросли (табл. 2). При этом в озерах Б. Ундугун и, особенно,

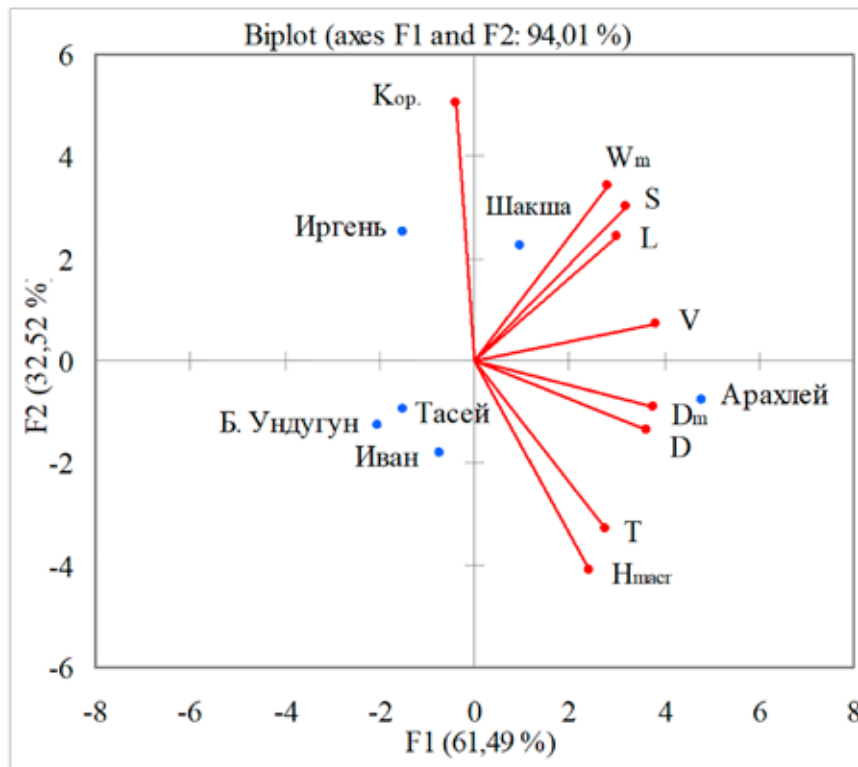
оз. Иван инвазионный вид *Elodea canadensis* сформировала новые ландшафты. По глубине распространения макрофитов зарослевые сообщества в 2016 г. в озере Арахлей занимали глубины до 4,5 м, в оз. Иван – до 2,9 м, оз. Тасей – до 2,1 м, в оз. Б. Ундугун – до 1,5 м, в оз. Шакшинском – до 1,1 м, в оз. Иргень – до 0,9 м. Глубже в озерах были распространены свободные от макрофитов фации илов.

Показатель открытости позволяет судить о степени перемешиваемости водных масс. С увеличением площади водоема или снижением его глубины открытость водоема возрастает – это, в свою очередь, ведет к увеличению ветрового воздействия на водные массы и улучшению их перемешивания. Негативным эффектом является взмучивание донных осадков, что в случае преобладания илов, сопровождается значительным снижением прозрачности воды и ухудшением условий обитания макрофитов. Таким образом, опосредованно открытость озер оказывает влияние на формирование зарослевых и свободных от макрофитов донных геосистем.

Корреляция глубины распространения макрофитов и прозрачности воды в Ивано-Арахлейских озерах в 2016 г. составила 0,96 ($p=0,002$). Их связь в озерах в 2016 г. достаточно точно можно описать функцией: $y = 1,6364Ln(x) + 1,7069$ ($R^2 = 0,94$), где y – глубина распространения макрофитов, x – прозрачность воды.

Выявленная закономерность показывает, что в экстремально маловодную фазу глубина распространения макрофитов и прозрачность воды в Ивано-Арахлейских озерах имеют тесную связь. Представление о взаимосвязи прозрачности воды и глубины распространения макрофитов в Арахлейских озерах использовалось при создании концептуальной модели изменений их экосистем под влиянием колебаний уровня режима озер [3]. Связь прозрачности воды и глубины зарастания взаимообусловленная, при этом оба эти показателя в Ивано-Арахлейских озерах находятся под влиянием ветрового взмучивания донных осадков [3, с. 95].

Для выявления взаимосвязи между открытостью озер, прозрачностью воды, морфометрическими параметрами озер и максимальной глубиной произрастания макрофитов выполнен факторный анализ. Первые две компоненты факторного анализа объясняют 94% дисперсии (рисунок).



Биplot ориентации параметров Ивано-Арахлейских озер в пространстве первых двух главных компонент PCA: Шакша – оз. Шакшинское; D – максимальная глубина озера, D_m – средняя глубина озера, H_{max} – глубина распространения макрофитов в озере, K_{op} – коэффициент открытости озера, L – длина озера, S – площадь озера, T – прозрачность воды в озере, V – объем озера, W_m – средняя ширина озера

Первая компонента характеризуется высокой положительной связью с объемом (0,99), средней (0,98) и максимальной (0,94) глубиной, площадью (0,82), прозрачностью воды (0,72) и глубиной произрастания макрофитов (0,62). Она относится преимущественно к озеру Арахлей, вклад которого из озер в первую компоненту определяющий – 69%. Вторая компонента характеризуется высокой корреляцией с показателем открытости озер (0,90). Основной вклад в эту компоненту из озер вносят Иргень (35,7%) и Шакшинское (28,7%), из морфометрических параметров озер – открытость озер (31%), средняя ширина (14%) и площадь озер (11%).

Донные макрофиты, в особенности харовые водоросли, выполняют ландшафтообразующую функцию, стабилизируя илистые осадки и снижая мутность воды. При реализации хозяйственных проектов на Ивано-Арахлейских озерах не всегда принимается во внимание ландшафтообразующая роль макрофитов. Примером может быть неводной лов рыбы на озерах,

а также вселение в озера *Cyprinus carpio haematopterus* (Linnaeus, 1758), способного оказывать негативное влияние на макрофиты [9, с. 379]. Указанные мероприятия осуществлялись на одном из основных рыбохозяйственных водоемов Ивано-Арахлейской системы – озере Шакшинском.

Недостаточное внимание комплексности связей в донных ландшафтах озера и их влиянию на качество воды приводит к цветению озер вследствие массового развития цианобактерий. Необходимо отметить, что существенные негативные эффекты, вплоть до антропогенного метаболического регресса, в толще воды и донных сообществах отмечаются даже в случае выполнения мероприятий по экореставрации водоемов [10, с. 119; 11, с. 83].

В совокупности с большой открытостью водного зеркала озер неводной лов и вселение бентосоядных рыб в оз. Шакшинское способствуют взмучиванию илистых осадков, снижению зарастаемости озера и уменьшению прозрачности воды. Другой угрозой коренным ландшафтам и качеству

воды в озере Шакшинском и прочих Ивано-Арахлейских озерах является *Elodea canadensis*, которая может ускорить негативные процессы вследствие нестабильности формируемых ею биоценозов.

Методы восстановления или биологической мелиорации Ивано-Арахлейских озер путем воздействия на донные ландшафты должны предусматривать возможные негативные эффекты на качество воды, обусловленные многофакторным влиянием донных ландшафтов или их компонентов на состояние водной толщи. На озерах должна осуществляться экологическая экспертиза и оценка воздействия хозяйственных проектов, предусматривающая возможность их негативного влияния на донную растительность и прозрачность вод с учетом показателей открытости водоемов и фазы водности.

Заключение

Снижение глубины Ивано-Арахлейских озер привело к сокращению в озерах площади песчаных мелководий и увеличению доли илистых ландшафтов. В этих условиях прозрачность воды и глубина зарастания озер показывают тесную связь и зависимость от открытости озер. Наибольшее влияние ветровой нагрузки проявляется в условиях геосистем водоемов с высоким коэффициентом открытости – озера Иргень и Шакшинское. Ивано-Арахлейские озера имеют важную социальную и природоохранную функцию, поэтому в целях рационального природопользования и недопущения перехода озер в нежелательные состояния необходимо принимать во внимание и рассчитывать нагрузку на донные ландшафты, исходя из открытости каждого из озер и фазы водности.

Список литературы

1. Дудакова Д.С., Анохин В.М., Поздняков Ш.Р., Дудаков М.О., Юдин С.Н. Подводные ландшафты островов Мантсинсаари и Лункулансаари в зоне рифейских поднятий в восточной части Ладожского озера // Известия РАН. Серия географическая. 2021. №3. С. 433-445. DOI: 10.31857/S2587556621030043.
2. Жариков В.В. Развитие ландшафтного подхода к изучению подводных геосистем в Тихоокеанском институте географии // Тихоокеанская география. 2022. №1. С. 5-17 DOI: 10.35735/26870509_2022_9_1.
3. Шишкин Б.А. Об основных закономерностях межгодовых изменений режима Ивано-Арахлейских озер // Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). Новосибирск: Издательство СО РАН, 2013. С. 94-99.
4. Тальских В.Н., Шардакова Л.Ю. Разработка индикаторов экологически допустимого состояния для озерных экосистем бассейна Аральского моря в условиях антропогенного воздействия и изменения климата // Гидрометеорология и экология. 2019. №2. С. 158-169.
5. Обязов В.А. Динамика климатических и гидрологических параметров // Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. С. 34-37.
6. Базарова Б.Б. Макрофиты / Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. С.142-158.
7. Kuklin A.P., Bazarova B.B. Macrophytes in the littoral of lake Arakhley in different states of water regime // Ekológia (Bratislava). 2019. Vol. 38. № 3. pp. 225–239. DOI: 10.2478/eko-2019-0018.8.
8. Matafonov P.V. Diversity of littoral zoobenthos in Lake Arakhley (Transbaikalia) during the arid phase // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. V.908. P. 012020. DOI: 10.1088/1755-1315/908/1/012020.
9. Bajer P.G., Beck M.W., Hundt P.J. Effect of non-native versus native invaders on macrophyte richness: are carp and bullheads ecological proxies? // Hydrobiologia. 2018. 817. P. 379–391. DOI: 10.1007/s10750-018-3592-1.
10. Безматерных Д.М., Кириллов В.В., Ермолаева Н.И., Киприянова Л.М. Яныгина Л.В., Митрофанова Е.Ю., Вдовина О.Н., Котовщиков А.В., Зарубина Е.Ю. Влияние дноуглубительных работ на гидробиологические и санитарно-микробиологические характеристики озера Манжерокское (Республика Алтай) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. №3. С. 106-127. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-3-8.
11. Деревенская О.Ю. Сукцессии зоопланктона малых мелководных озер после проведения мероприятий по эко-реабилитации // Трансформация экосистем. 2022. №2. DOI: 10.23859/estr-220207.

УДК 910.3
DOI

ПРИРОДООРИЕНТИРОВАННЫЕ ВИДЫ ТУРИЗМА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕСУРСОВ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

Михайлова Г.В.

*ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н.П. Лавёрова Уральского отделения Российской академии наук,
Архангельск, e-mail: g.mikhaylova@fciarctic.ru*

В работе представлены результаты изучения институциональных основ и реализуемых практик природоориентированных видов туризма в контексте их влияния на сохранение и использование биоресурсов северных территорий. Для выявления требований государства в отношении использования биоресурсов в туристских целях проведен анализ национальных стандартов (ГОСТов) в сфере туризма. Отмечено наличие в ГОСТах упоминаний природопользования (охоты, рыбалки, сбора дикоросов) в качестве целей отдельных видов туризма, их дополнительных услуг. Природоориентированные виды туризма в настоящее время не имеют разработанной институциональной базы, отсутствуют ГОСТы к ним. Вместе с тем присутствие природоориентированных туристов на севере становится все более очевидным в связи с увеличением доли самостоятельных, неорганизованных туристов в общем туристском потоке. На основе вторичного анализа материалов опросов населения выделены и рассмотрены примеры природоориентированного туризма в Архангельской области и Ненецком автономном округе. Показана необходимость усиления контроля в области охраны и использования природных территорий, имеющих экологическую ценность, в том числе природных заказников регионального значения, которые посещают туристы. Выявленная заинтересованность местного населения в сохранении биоресурсов северных территорий в условиях увеличивающегося туристического потока позволяет говорить о наличии потенциала для формирования инструмента общественного контроля деятельности туристов, приезжающих с целью охоты, рыбалки, сбора дикоросов.

Ключевые слова: Архангельская область, Ненецкий автономный округ, охота, рыбалка, сбор дикоросов, туризм, особо охраняемые природные территории, местное население

THE IMPACT OF NATURAL TOURISM ON THE CONSERVATION AND USE OF BIOLOGICAL RESOURCES OF THE NORTHERN TERRITORIES OF RUSSIA

Mikhaylova G.V.

*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, e-mail: g.mikhaylova@fciarctic.ru*

The paper presents the results of a study of the institutional foundations and implemented practices of nature tourism in the context of their influence on the conservation and use of biological resources of the northern territories. To identify state requirements regarding the use of biological resources for tourism purposes, an analysis of national standards in the field of tourism was carried out. The presence in national standards of references to environmental management (hunting, fishing, harvesting wild plants) as the goals of certain types of tourism and their additional services is noted. Nature tourism currently does not have a developed institutional framework, and there are no national standards for it. At the same time, the presence of tourists focused on nature management in the north is becoming more and more obvious due to the increasing share of independent, unorganized tourists in the total tourist flow. Based on a secondary analysis of materials from population surveys, examples of natural tourism in the Arkhangelsk region and the Nenets Autonomous Okrug are identified and considered. The need to strengthen control in the field of protection and use of natural areas of environmental value, including natural reserves of regional importance, which are visited by tourists, is shown. The revealed interest of the local population in preserving the biological resources of the northern territories in the context of an increasing tourist flow allows us to assert that there is potential for the formation of an instrument of public control over the activities of tourists who come for the purpose of hunting, fishing, and harvesting wild plants.

Keywords: Arkhangelsk region, Nenets Autonomous Okrug, hunting, fishing, wild plant collection, tourism, specially protected natural areas, local population

Возрастающий интерес к Северу и Арктике, увеличивающийся туристический поток внутри страны [1, 2] ставит перед регионами две основные задачи. С одной стороны, требуется искать пути по привлечению туристов на свою территорию, созданию туристического продукта, форми-

рованию локальных брендов [3]. С другой стороны, нужно быть готовыми к решению проблем, связанных с усилением потока самостоятельно путешествующих туристов, который имеет стихийный характер и способен оказать негативное влияние на состояние окружающей среды [4, 5].

Основу туристско-рекреационного потенциала северных территорий России составляют природные территории, обладающие биологическим и ландшафтным разнообразием, имеющие особое природоохранное значение и историко-культурную ценность. Сформированная сеть охраняемых природных территорий в современных российских условиях, помимо их основного назначения, рассматривается как своеобразная форма резервирования земель для развития массового туризма и отдыха [6].

Возможности развития туризма на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), правила его организации и осуществления определены Федеральным законом от 18 марта 2023 г. № 77-ФЗ, предусматривающим внесение изменений в ряд федеральных законов. Новые правила создают условия для привлечения инвестиций в развитие инфраструктуры ООПТ, предоставления возможности гражданам увидеть уникальные природные комплексы и объекты.

Обеспечить сохранение биологического разнообразия рекреационных природных территорий призван экологический туризм, который, в отличие от ранее применявшихся форм организации и проведения отдыха на природе, представляет собой осознанную, экологически и экономически обоснованную политику в области использования рекреационных ресурсов [7]. Концепция экологического туризма строится на принципах совмещения путешествий в места настоящей природы с воспитанием экологического сознания, уважением к местной культуре, обеспечением финансовых выгод для охраны природы и преимуществ в работе местным жителям, а также оказанием минимального воздействия [7, 8]. Реализовать на практике данные принципы довольно сложно. И даже хорошие примеры экологического туризма – это просто попытки достичь теоретического идеала экотуризма [9].

Природоориентированный туризм означает виды туризма, напрямую связанные с использованием природных ресурсов, воздействие на которые может быть разнообразным. При условии соблюдения экологических принципов, обеспечивающих сохранение окружающей среды и биоресурсов, природоориентированный туризм не является противоположностью экологического туризма [5]. На севере, где охота, рыбная ловля, сбор дикоросов являются по меньшей мере частью традиционного уклада жизни немногочисленного местного

населения, такие виды природопользования воспринимаются экологически целесообразными. В отношении приезжих любителей взаимодействия с природой, ведущих добычу биоресурсов, все не так однозначно. Рост спроса на природоориентированные виды туризма (рыболовный, охотничий, экологический, сельский) был отмечен в качестве положительной тенденции в предыдущей Стратегии развития туризма (на период до 2020 г.). В действующей Стратегии развития туризма (на период до 2035 г.) особое внимание уделяется экологическим аспектам туризма, упоминание о природоориентированном туризме отсутствует. Это может являться свидетельством того, что на государственном уровне охота, рыбалка не рассматриваются как цивилизованный способ использования природных ресурсов в туристских целях [10].

Вместе с тем присутствие природоориентированных туристов на севере становится все более очевидным, особенно на фоне фиксируемого увеличения доли самостоятельных (неорганизованных) туристов в общем туристском потоке. В Архангельской области организованный поток туристов в регион составляет около 10% [11]. Соответственно, остальные 90% приезжих организуют свои путешествия самостоятельно. Этому способствует доступность информации о туристском потенциале, высокий уровень цифровизации туристической индустрии, а также стремление туристов не только побывать в новых и интересных местах, но и рассказать миру с помощью социальных сетей об уникальном опыте и впечатлениях от поездки.

В этой связи вопрос сохранения природной среды и оценки институциональной, социальной и экологической эффективности природоориентированного туризма имеет большое значение и требует исследования.

Цель исследования – изучить институциональные основы и реализуемые практики природоориентированных видов туризма в контексте их влияния на сохранение и использование биоресурсов северных территорий. В рамках данной работы нами были поставлены две задачи: (1) провести анализ национальных стандартов в сфере туризма, имеющих отношение к природоориентированным видам туризма; (2) рассмотреть примеры (кейсы) природоориентированного туризма в Архангельской области и Ненецком автономном округе на материалах опросов местного населения.

Материалы и методы исследования

В настоящее время в сфере туризма и туристических услуг применяется 54 ГОСТа, а также еще 8 ГОСТов, касающихся туристического инвентаря, оборудования и пр. [12]. В ходе анализа были отобраны и рассмотрены положения национальных стандартов в сфере туризма, которые имеют отношение к природоориентированным видам туризма, а также различным аспектам сохранения природы.

Основой для выделения и рассмотрения примеров природоориентированных видов туризма послужили материалы опросов населения (анкет, интервью, фокус-групп) по вопросам сохранения и использования природных ресурсов, которые были организованы и проведены с участием автора за период с 2007 по 2020 г. в Красноборском, Приморском, Мезенском, Лешуконском районах Архангельской области и Заполярном районе Ненецкого автономного округа.

В частности, при подготовке статьи был проведен вторичный анализ следующих материалов: (1) опросов жителей Красноборского района (с. Красноборск, д. Большая, д. Шилово, с. Черевково, д. Сакулинская, д. Андреевская, д. Фоминская) 13–21 декабря 2007 г. (n = 99, выборка доступная), ответов на полукрытые и открытые вопросы анкеты (основные проблемы местного сообщества, предложения по улучшению жизни людей, пожелания руководству Шиловского заказника, отношение к развитию туризма в заказнике); (2) опросов жителей Приморского района (д. Верхняя Золотица) 09–16 октября 2018 г., ответов на вопросы анкеты по оценке населением возможных изменений состояния природных комплексов р. Зимняя Золотица (n = 32, выборка доступная), транскриптов трех фокус-групп с представителями образования, пенсионеров, рыбаков и охотников (n = 14), стенограмм интервью с представителями органов муниципальной власти, рыболовецкого колхоза, с активными природопользователями, заинтересованными жителями (n = 6); (3) опросов жителей Мезенского района (д. Со-яна) 16–21 марта 2020 г., транскриптов трех фокус-групп с представителями образования, пенсионеров, рыбаков и охотников (n = 15), стенограмм интервью с представителями органов муниципальной власти, лесничества, заинтересованными жителями (n = 4); (4) опросов населения Лешуконского района (сел Лешуконское, Вожгора) 29 сентября – 06 октября, 20–22 октября 2020 г.,

транскриптов четырех фокус-групп с участием жителей, которые занимаются охотой, рыбалкой, сбором дикоросов (n = 33), и стенограмм интервью с представителями администрации сельских советов, лесничеств, а также с предпринимателями и другими заинтересованными лицами (n = 10); (5) опросов жителей с. Ома, Несь Заполярного района НАО 21–28 октября, 13–20 ноября 2019 г., транскриптов четырех фокус-групп с участием рыбаков, охотников, оленеводов (n = 28) и стенограмм интервью с представителями администрации сельских советов, депутатов, сельскохозяйственных организаций, другими заинтересованными сторонами (n = 13).

Анализировались высказывания участников интервью, фокус-групп о проблемах сохранения биоразнообразия и традиционного природопользования, влиянии природопользования и туризма на состояние природной среды и сохранение биологического разнообразия.

Результаты исследования и их обсуждение

Национальные стандарты Российской Федерации в сфере туризма устанавливают требования к следующим видам туризма [12]: детский туризм (ГОСТ Р 54605-2017), студенческий туризм (ГОСТ Р 70361-2022), промышленный туризм (ГОСТ Р ИСО 13810-2016), приключенческий туризм (ГОСТ Р ИСО 21103-2015, ГОСТ Р 56597-2015), социальный туризм (для людей пожилого возраста) (ГОСТ Р 57286-2016), туризм для людей с ограниченными физическими возможностями (ГОСТ 32613-2014), оздоровительный туризм (ГОСТ Р 57854-2017), горнолыжный туризм (ГОСТ Р 57280-2016); самостоятельный туризм (ГОСТ Р 57806-2017); экологический туризм (ГОСТ Р 56642-2021, ГОСТ Р 70582-2022, ГОСТ Р 70583-2022); туризм на особо охраняемых природных территориях (ГОСТ Р 57287-2021); водный туризм (ГОСТ Р 57805-2017); арктический туризм (ГОСТ Р 59850.1-2021, ГОСТ Р 59850.2-2021, ГОСТ Р 59850.3-2021, ГОСТ Р 59850.4-2021, ГОСТ Р 59850.5-2021, ГОСТ Р 59850.6-2021).

Упоминание о природоориентированных видах туризма содержится в национальных стандартах последних четырех видов туризма, а также в ГОСТе с требованиями к специализированным средствам размещения, предоставляющим туристические услуги любителям охоты, рыбной ловли (таблица).

Встречаемость упоминаний природопользования в ГОСТах по туризму

Вид туризма	Вид природопользования	Контекст упоминания природопользования в ГОСТе	ГОСТ
Экологический туризм	Сбор дикоросов	Основными видами услуг при организации экологических туров являются: организация сбора грибов, ягод, лекарственных растений в разрешенных природных зонах	ГОСТ Р 56642-2021
На особо охраняемых природных территориях	Рыбалка	Сооружения и зоны, предназначенные для отдыха и досуга посетителей (например, места для рыбной ловли, и др.)	ГОСТ Р 57287-2021
Водный туризм	Охота, Рыбалка, Сбор дикоросов	При организации передвижений по водным маршрутам в местах отдыха и стоянок могут быть организованы дополнительные мероприятия, связанные с охотой, рыбной ловлей, сбором грибов и ягод и т.д.	ГОСТ Р 57805-2017
Арктический туризм	Охота, Рыбалка	Разновидности путешествий с активными способами передвижения/активные туры в АЗ РФ: рыболовные; охотничьи; и пр. Активные виды отдыха и развлечений в АЗ РФ включают: рыбалку; охоту и др.	ГОСТ Р 59850.3-2021
Не указан	Охота, Рыбалка	Специализированные средства размещения – дом рыбака, дом охотника, по проживанию туристов определенных категорий (рыбаков, охотников, и пр.)	ГОСТ Р 55319-2012

Экологический туризм в соответствии с национальным стандартом в целом должен быть направлен на познание природы, содействие охране окружающей среды, просвещение граждан, восстановление психоэмоционального состояния в благоприятном природном окружении. В разрешенных природных зонах такой вид природопользования, как сбор грибов, ягод, лекарственных растений, входит в число основных видов услуг при организации экологических туров.

Применительно к туризму на ООПТ понятие экологического туризма не используется. Возможность природопользования на ООПТ упоминается при указании требования о доступности сооружений и зон, предназначенных для отдыха и досуга посетителей, когда в качестве одного из примеров таких зон называются места для рыбной ловли.

Водный туризм, а точнее, один из его видов – промысловый водный туризм, относится непосредственно к природопользованию: включает в себя туризм, связанный с перемещением по водной поверхности в целях охоты, рыбалки или добычи морепродуктов. Кроме того, при передвижении по водным маршрутам в местах отдыха и стоянок в рамках услуг водного туризма возможна организация охоты, рыбной ловли, сбора грибов и ягод и т.д.

Арктический туризм направлен на популяризацию исторического, культурного

и природного потенциала Арктической зоны Российской Федерации. Привлекательность данной территории обилием промысловых животных и рыб нашла отражение в национальном стандарте, где охота и рыбалка указываются как возможные цели путешествий, а также в качестве активных видов отдыха, развлечений.

Национальными стандартами предъявляются экологические требования к услугам туризма всех видов. Довольно подробные и детализированные требования охраны окружающей среды содержит ГОСТ Р 57635-2022 по услугам средств размещения: влиянию их на воздух, воду, почву, природные ресурсы, флору, фауну, местное население. Прописано возможное негативное воздействие объектов размещения: разрушение естественной среды обитания; изменение живописных ландшафтов; ненадлежащий сбор, использование природных ресурсов (растений и животных); препятствия миграционным путям животных; световое, шумовое, физические загрязнения; и т.д. Отражен приоритет местного населения на потребление воды, электрической энергии, ископаемого топлива и дров. Отмечена важность экологического просвещения.

В целом, как показал анализ национальных стандартов, разрабатываются требования и рекомендации по минимизации влияния туризма на окружающую среду, ориентирующие на практическую реализацию

концепции экологического туризма. Вопросы природоориентированного туризма остаются на периферии проблемного поля развития туризма на ООПТ, в Арктической зоне Российской Федерации; в ГОСТах содержатся указания на природопользование (охоту, рыбалку, добычу биоресурсов) как цель отдельных видов туризма или как дополнительные услуги.

Обобщая данные материалов опросов, можно выделить пять основных групп посетителей северных территорий, относящихся к природоориентированным туристам: сплавающие по рекам путешественники, родственники и гости сельских жителей, сборщики дикоросов, рыбаки, охотники. Каждая из этих групп различается по целям посещения северных территорий, местам и условиям размещения, используемым транспортным средствам, сезонам пребывания, добываемым природным ресурсам и влиянию на окружающую среду.

Слав по рекам (или водный туризм) – один из распространенных видов туризма, сочетающий в себе цели активного отдыха и попутного природопользования, связанного с добычей рыбы, сбором дикоросов. Данный вид туризма рассмотрим на примере реки Мезенская Пижма, которая течет в восточной части Лешуконского района Архангельской области. Здесь расположены оставшиеся ненарушенные промышленным освоением лесные массивы старовозрастной северной тайги с разнообразием живописных прибрежных ландшафтов в почти ненаселенной местности.

Для этой труднодоступной территории туризм не воспринимается местным населением как проблема сохранения биоразнообразия. На р. Мезенская Пижма увеличение числа туристов отмечается местным населением последних 5–10 лет. Неорганизованные туристы едут из Республики Коми, Архангельска, Москвы, Санкт-Петербурга. По реке туристы перемещаются на резиновых лодках с мощными моторами, легко преодолевают речные отмели, поднимаются в верховья. Они направляются к Великому порогу реки Мезенская Пижма, где посещают популярный у туристов дом отшельника Виталия. Летом 2020 г. участники фокус-групп утверждали, что видели до трех десятков лодок с туристами и что в конце летнего сезона по берегам р. Мезенская Пижма осталось много участков («на каждом мысочке») со следами от костров. По мнению населения, приезжие ловят рыбу на удочки, спиннинги, и это не оказывает негативного

влияния на состояние биоресурсов: «они же там всю рыбу не выудят все равно» (фокус-группа, с. Вожгора); вызывают некоторое недовольство случаи, когда приезжие оставляют после себя плохо убранные места стоянок.

У местных жителей имеется интерес к развитию организованного туризма. В 2009 г. работниками Дома культуры с. Вожгора был реализован проект детского водного туризма «Вверх по загадочной реке Пижма». Участниками опроса отмечалась необходимость дорожного сообщения для развития сферы туризма в районе (фокус-группа, Лешуконское; интервью, Вожгора), что входит в планы области по созданию туристического маршрута с объединением Пинежского, Мезенского и Лешуконского районов [11]. Вместе с тем у населения есть опасения из-за возможного увеличения нерегулируемого потока охотников, рыбаков с других районов вследствие строительства дороги (фокус-группа, Вожгора).

Приезд из городов в северные деревни родственников и гостей сельских жителей, по сути, являет собой сельский туризм. Это обычная практика летнего детского и семейного отдыха, а также попутного сбора ягод и грибов, рыбалки. Рассмотрим данный вид туризма на примере д. Верхняя Золотица Приморского муниципального района (ныне округа) Архангельской области. Деревня Верхняя Золотица расположена на берегу семужье-нерестовой реки Зимняя Золотица, впадающей в Белое море на Зимнем берегу. В 1998 г. рядом с территорией д. Верхняя Золотица был создан Приморский государственный природный ландшафтный заказник регионального значения общей площадью 411,5 тыс. га. Лесные земли занимают 61,7% общей площади заказника и практически полностью представлены покрытыми лесом площадями. Природоохранный режим заказника позволяет сбор дикоросов и не устанавливает дополнительных запретов на рыбную ловлю на его территории.

Число постоянных жителей д. Верхней Золотицы за последние сто лет сократилось почти в десять раз и в настоящее время составляет менее 100 чел. в зимний сезон. В летний период количество жителей деревни увеличивается в 2–3 раза за счет приезжающих родственников, гостей. Деревня с прилегающими к ней природными территориями летом функционирует как туристическая, рекреационная зона. Это создает импульс для активизации хозяйственной деятельности, сезонного рас-

ширения сферы торговых услуг и в целом способствует жизнестойкости деревни (интервью, В. Золотица). Препятствием для развития данной территории в качестве рекреационной зоны является не только отсутствие автомобильной дороги, связывающей деревню с областным центром. Население и приезжие вынуждены употреблять речную воду, поскольку другие источники питьевой воды недоступны. При этом, как считают 3/4 опрошенных жителей, вода в водоеме загрязненная, качество питьевой воды плохое. В верховьях р. Зимняя Золотица ведется разработка крупного месторождения алмазов. Деревня не находится в зоне его прямого воздействия, но «загрязнение воды в реке» – самый распространенный ответ респондентов на открытый вопрос о влиянии алмазодобычи на состояние окружающей природной среды. Организация мониторинга состояния реки, решение проблемы питьевого водоснабжения деревни представляется важным для сохранения данной территории и реализации ее рекреационного потенциала.

Рыбалка как вид туризма в целях добычи биоресурсов и отдыха будет рассмотрена на примере территории Соянского государственного биологического заказника регионального значения, созданного в 1983 г. и играющего важную роль в сохранении рыбных запасов, так как по ее территории протекает р. Сояна – одна из основных семужье-нерестовых рек области.

Увеличение потока неорганизованных туристов, приезжих рыбаков вызвано развитием региональной дорожной инфраструктуры в целях промышленного освоения природных ресурсов, что сделало рассматриваемую территорию доступной и популярной среди городских жителей области. Как утверждают участники интервью в деревне Сояна, летом по реке сплавляется до двух сотен лодок. Зимой с целью рыбалки приезжают по дороге, идущей на месторождение алмазов: «построенные ими дороги стали проездными для различных туристов, которые браконьерят на реке Сояна и ее притоках» (фокус-группа, Сояна). Происходит вытеснение местных жителей с мест их традиционного природопользования туристами: рыбу, которую традиционно добывали жители деревни на озерах в верховьях реки, в последние годы стали активно вылавливать приезжие рыбаки. Для заказника остро стоит задача по обеспечению соблюдения режима охраны, недопущению нарушений со стороны природоориентированных туристов.

Сбор дикоросов представляет собой отдых на природе с пользой для здоровья, для самообеспечения дикорастущими ягодами и грибами, а в отдельных случаях – для получения дополнительного дохода от сдачи собранных недревесных ресурсов леса. Примером развивающегося уже на протяжении двадцати лет туризма с целью сбора дикоросов является Шиловский государственный природный биологический заказник регионального значения площадью 23,9 тыс. га. Он был создан в 1969 г. для сохранения и восстановления популяции дикого лесного северного оленя, занесенного в Красную книгу области, а также других редких и исчезающих видов животных и растений, поддержания общего экологического баланса. Природоохранным режимом Шиловского заказника запрещается охота, на сбор дикоросов запрета нет.

Заказник расположен на территории живописных сосновых боров-беломошников Красноборского района Архангельской области и известен как царство белого гриба. В деревне Белая Слуда в 2018 г. открыт музей Белого Гриба в рамках бренда «Белая Слуда – Царство Белого Гриба» и «Красноборск – столица Царства Белого Гриба». Местными жителями создана база отдыха «Усадьба белого гриба» и гостевой дом «Гостевая изба в доме ремесел».

Известность и транспортная доступность природной территории спровоцировали поток туристов и заготовителей дикоросов со всей страны. Уже в 2007 г. каждый третий участник опроса в числе основных проблем местного сообщества отметил ухудшение состояния природной среды, загрязнение природы. В ответах на открытый вопрос о пожеланиях к руководству заказника респонденты предлагали усилить контроль природопользования, ограничить въезд за территорию заказника жителей других районов, создать оборудованные места стоянок и отдыха, установить беседки с урнами под мусор, урегулировать процесс приемки грибов: «чтобы не принимались грибы третьей и четвертой категории, чтобы старые грибы оставались в лесу для воспроизводства». Среди опрошенных более половины ($n = 48$) отметили положительное отношение к развитию туризма в заказнике. Некоторые пояснили, что поддерживают организованный туризм при условии соблюдения туристами правил посещения заказника. Негативное отношение к развитию туризма у населения ($n = 38$) связано с его влиянием на состояние при-

родной среды: «*боюсь, что заказник будет замусорен и испорчен*» [13].

Охота как активный вид отдыха и развлечений в Арктической зоне Российской Федерации рассмотрим на примере полуострова Канин, расположенного в Заполярном районе Ненецкого автономного округа.

Посещение полуострова неорганизованными группами туристов с целью охоты, рыбалки было названо одной из основных проблем сохранения биоразнообразия и традиционного природопользования участниками опроса в с. Ома, Несь. Наиболее интенсивный поток туристов наблюдается с января по март, когда на полуостров Канин можно попасть по зимнику со стороны Архангельска, Мезени. По наблюдениям жителей с. Неси, в состав одной группы туристов может входить до 5–10 снегоходов: *«На снегоходах тут все, вся Россия, можно сказать, уже побывала... И они уничтожают все, что есть: и реки облавливают... все, что движется – расстреливают... Вот тут у нас это серьезная проблема»* (фокус-группа, с. Несь). Объектами охоты приезжих становятся лоси, а также зайцы, песцы и оставшие от стада домашние олени. Весной любители охоты на гусей из других районов приезжают регулярными авиарейсами, которые рассчитаны на перевозку ограниченного числа пассажиров, что сдерживает поток неорганизованных туристов.

Охотничьи туристические базы на территориях традиционного природопользования – еще одна проблема, выделяемая участниками опроса. В 2019 г. туристические базы или избы для приема туристов были построены на побережье Белого моря в д. Язма и Баренцева моря у р. Перепуск, Голубница, Чеша, Мал. Губистая (интервью, фокус-группа, Ома). Организованные группы туристов, как правило, прилетают на арендованных для этих целей вертолетах и никак не контактируют с жителями поселений. Для туристических охотничьих баз арендуются земельные участки на территориях традиционного природопользования – землях, используемых оленеводческими хозяйствами. Строительство баз и их ограждений создает помехи при перегоне стад, а выстрелы охотников на базах пугают оленей. Все это препятствует быстрому продвижению оленей по полуострову к летним пастбищам, приводит к вытаптыванию оленями почвенно-растительного покрова тундры. Увеличение числа охотничьих баз на полуострове, по мнению участников интервью с. Ома, может иметь негативные по-

следствия для традиционного природопользования коренных жителей. Охотничий туризм не рассматривается местным населением как угроза ресурсам мигрирующих птиц. Однако охота для развлечения, а не ради добычи пищи воспринимается населением как истребление птиц и активно осуждается (интервью, фокус-группы, Ома, Несь).

Таким образом, вовлечение природных территорий в сферу туризма формирует ряд проблем, связанных с загрязнением мусором и отходами, повышением пожароопасности, усилением фактора беспокойства для животных и птиц. Вместе с тем появление туристов сигнализирует о наличии на территории определенных уникальных или интересных туристических объектов, что создает предпосылки для принятия природоохранных решений, актуализирует необходимость проведения мероприятий по усилению контроля за состоянием окружающей среды и использованием биоресурсов.

Заключение

Разнообразие биологических ресурсов, уникальность природных комплексов северных территорий в условиях увеличивающейся туристской активности населения становится потенциалом экономического развития. Это делает обоснованным с позиции хозяйственной выгоды сохранение природных территорий и их биологического разнообразия. На государственном уровне созданы нормативно-законодательные условия по вовлечению природных территорий в развитие сферы туризма. При этом уделяется внимание влиянию туризма на окружающую среду, продвигаются идеи экологического туризма. Приоритетные виды туризма, связанные с охотой, рыбалкой, сбором дикоросов, не имеют разработанной институциональной базы. Отсутствуют национальные стандарты к данным видам туризма.

Результаты исследований общественного мнения по вопросам сохранения использования биологических ресурсов, проводимых в Архангельской области и Ненецком автономном округе, свидетельствуют о развитии природоориентированного туризма, как самостоятельного, так и организованного. Развитие дорожной сети, техническая оснащенность позволяет туристам активно путешествовать, проникать на самые удаленные участки, которые не были нарушены промышленным освоением, где остались условия для занятий активными видами туризма, природного туризма, свя-

занного с добычей биоресурсов (охотой, рыбалкой, сбором дикоросов). Возрастание туристской активности на северных территориях изменяет структуру сообщества природопользователей, увеличивает объемы изымаемых биоресурсов. Усиливается необходимость контроля в области охраны и использования природных территорий, имеющих экологическую ценность, в том числе природных заказников регионального значения, которые посещаются туристами. Выявленная заинтересованность местного населения в сохранении биоресурсов северных территорий позволяет говорить о наличии потенциала для формирования инструмента общественного контроля деятельности туристов, приезжающих с целью охоты, рыбалки, сбора дикоросов.

Список литературы

1. Бертон А.А. Арктический туризм: концептуальные черты и особенности // Труды Кольского научного центра РАН. 2019. Т. 10, № 7–17. С. 169–180. DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.7.169-180.
2. Фаронова Ю.В. Туристский статус субъектов Российской Федерации: динамика и пространственные особенности // Успехи современного естествознания. 2023. № 4. С. 68–74. DOI: 10.17513/use.38027.
3. Тимошенко Д.С. Брендинг арктических туристских дестинаций в России // Арктика и Север. 2021. № 42. С. 257–270. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.42.257.
4. Давыдова А.С. Воспроизведение сакрального ландшафта Териберки в контексте развития туризма в Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. 2021. Т. 12, № 4 (21). С. 126–140. DOI: 10.37614/2307-5252.2021.4.21.009.
5. Виноградов Е.С. Негативные аспекты развития природоориентированного туризма // Сервис в России и за рубежом. 2017. Т. 11, № 5 (75). С. 19–30. DOI: 10.22412/1995-042X-11-5-2.
6. Ларченко Л.В., Ахобадзе Д.Т. Туризм как фактор устойчивого развития регионов российского Севера: стратегия реализации (на примере Ненецкого автономного округа) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. Т. 7, № 8 (101). С. 22–27.
7. Оборин М.С. Современная концепция развития экологического туризма в России // Сервис в России и за рубежом. 2020. Т. 14, № 4 (91). С. 22–32. DOI: 10.24411/1995-042X-2020-10402.
8. Дайнеко Д.В. Современный подход к экологическому туризму в регионах России // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2017. Т. 3 (69), № 1. С. 57–68.
9. Katsoni V., Dologlou N. ICT applications and web 2.0 components for Tourism in Protected Areas // In Tourism and Culture in the Age of Innovation. Athens. 2015. URL: https://www.researchgate.net/publication/297194321_ICT_applications_and_web_20_components_for_Tourism_in_Protected_Areas (дата обращения: 22.11.2023).
10. Орлов А.Е. Социально-экономическое развитие охотничье-рыболовного туризма: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Москва, 2003. 28 с.
11. Постановление правительства Архангельской области от 19 января 2021 года № 1-пп «Об утверждении концепции развития туризма в Архангельской области» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/574822169> (дата обращения: 20.09.2023).
12. Каталог национальных стандартов // Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational> (дата обращения: 03.09.2023).
13. Михайлова Г.В., Ефимов В.А. Социальное измерение особо охраняемых природных территорий // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2015. № 4 (40). С. 151–164. DOI: 10.15838/esc/2015.4.40.10.

УДК 712.4(477.75)
DOI

**К ПРОБЛЕМЕ ОЗЕЛЕНЕНИЯ
ДЕТСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ МБДОУ № 5 «АЛЕНУШКА»
Г. АРМЯНСК РЕСПУБЛИКИ КРЫМ)**

Мурадова А.В., Безгина Ю.А., Степаненко Е.Е., Халикова В.А., Зверева О.С.
*ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь,
e-mail: elenapstepanenko@yandex.ru*

В статье отражены природно-инженерные особенности территории детского учреждения для разработки проекта по его благоустройству и озеленению в условиях Республики Крым города Армянск. Рассматривается последовательность проектирования городского объекта от анализа исходных данных до рабочего проекта. В процессе выполнения работы определены природно-климатические условия, влияние инженерных коммуникаций на размещение насаждений, состояние древесно-кустарниковой растительности. Произведено зонирование территории, созданы безопасные и комфортные условия для времяпрепровождения детей на открытом воздухе с учетом интересов разновозрастных групп, а также для кратковременного отдыха взрослых, организованы участки естественных природных зон, зон для различных видов досуга, организован удобный доступ на территорию в соответствии с требованиями по безопасности. Воспитанники детских садов проводят в нем большую часть активного времени, их пребывание должно быть комфортным, безопасным и эстетически приятным. В ходе предпроектного анализа проектируемой территории были выявлены все проблемные места и достоинства земельного участка, на котором планируется произвести мероприятия по благоустройству и озеленению. На основе полученных данных подбирались композиционное решение территории, разработана визуализация объекта, составлена ассортиментная ведомость насаждений, подобранных с учетом экологических факторов, созданы чертежи и необходимая документация.

Ключевые слова: детские образовательные учреждения, благоустройство, озеленение, древесно-кустарниковая растительность, зонирование территории, проектное решение

**ON THE PROBLEM OF GREENING CHILDREN'S
EDUCATIONAL INSTITUTIONS (BASED ON THE EXAMPLE
OF MBDOU NO. 5 «ALENUSHKA» ARMENSK REPUBLIC OF CRIMEA)**

Muradova A.V., Bezgina Yu.A., Stepanenko E.E., Khalikova V.A., Zvereva O.S.
Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: elenapstepanenko@yandex.ru

The article reflects the natural and engineering features of the territory of a children's institution for the development of a project for its improvement and landscaping in the conditions of the Republic of Crimea, the city of Armyansk. The sequence of designing an urban facility from the analysis of initial data to the detailed design is considered. In the process of carrying out the work, natural and climatic conditions, the influence of utilities on the placement of plantings, and the condition of trees and shrubs were determined. Zoning of the territory was carried out, safe and comfortable conditions were created for children to spend time outdoors, taking into account the interests of different age groups, as well as for short-term recreation for adults, areas of natural areas, areas for various types of leisure were organized, convenient access to the territory was organized in accordance with the requirements for security. Kindergarten pupils spend most of their active time there; their stay should be comfortable, safe and aesthetically pleasing. During the pre-project analysis of the projected territory, all problem areas and advantages of the land plot on which it is planned to carry out landscaping and landscaping activities were identified. Based on the data obtained, a compositional solution for the territory was selected, a visualization of the object was developed, an assortment list of plantings was drawn up, selected taking into account environmental factors, drawings and the necessary documentation were created.

Keywords: children's educational institutions, landscaping, landscaping, trees and shrubs, zoning of territory, design solution

Зеленые насаждения являются залогом комфортных условий проживания людей в городах, улучшают качество воздуха, снижают уровень шума, улучшают эстетический облик городов, кроме того, они влияют на уровень психоэмоционального состояния населения. На сегодняшний день г. Армянск накопил большой опыт по благоустройству и озеленению общественных территорий, однако в некоторых его местах все еще есть

проблемные зоны. Благоустройство и озеленение территорий – это целый ряд мероприятий, направленных на создание и эксплуатацию объектов озеленения. Город Армянск имеет выгодное географическое положение, так как находится на пересечении северо-западных дорог, ведущих в Крым. Территория города Армянска расположена в северной части Крымского полуострова, в зоне сухостепного ландшафта и относит-

ся к степному климатическому району. Детский сад находится на юго-западе города. С экологической точки зрения в настоящее время сложилась не стабильная ситуация, так как есть предприятия, загрязняющие воздух своими отходами. Это загрязнение воздуха хлористым водородом, поступающим от головного завода «Титан», выхлопными газами автомобилей, стихийными и несанкционированными свалками в черте города и его окрестностях и, наконец, замусоривание территории самими жителями. Актуальность исследований обусловлена необходимостью решения проблем комплексной средовой организации и озеленения территории детского сада.

Цель исследования – провести оценку озеленения территории детского сада, что повысит комфортность образовательного учреждения, а также улучшит экологическую среду на этой территории.

Материал и методы исследования

Для благоустройства и озеленения территории авторы руководствовались нормативными документами. Анализ санитарного состояния древесно-кустарниковой растительности и пространственной структуры авторами был проведен согласно климатическим особенностям, современным условиям и требованиям ФГОС ДОУ. Несмотря на близость крупных водоемов, климат исследуемой территории континентальный, с умеренно мягкой зимой и жарким сухим летом. Методика предпроектного анализа позволила исследовать участок, здания и сооружения на нем, рельеф местности, определить границы, расположение наземных и подземных коммуникаций, установить основные транзитные пути. При проведении предпроектного комплексного анализа были использованы материалы СНИП 2.07.01-89, а также исходные материалы топографической съемки. Посадка деревьев и кустарников регламентировалась существующими нормами и строительными правилами, в частности нормами расположения насаждений, где учитывалась инсоляция. При благоустройстве территории учитывали солнечное освещение (свет – тень), так как освещенность является одним из важнейших факторов, формирующих пластику объемно-пространственной композиции. В соответствии с Правилами благоустройства муниципальной территории авторами был проведен осмотр зеленых насаждений и объектов озеленения. Зеленые насажде-

ния, произрастающие на данной территории, осуществляют декоративную и экологическую функцию, однако в настоящее время находятся в неудовлетворительном качественном состоянии, что подтверждается актом обследования зеленых насаждений и объектов озеленения. Для чертежей и визуализации авторами использовались программы AutoCAD, Lumion 8.0 PRO.

Результаты исследования и их обсуждение

Детский сад граничит с улицей Просвещения и микрорайоном имени Генерала Корявко. На участке располагаются здание детского сада и гараж для хозяйственного оборудования. Общая площадь территории ДОУ составляет 12 600 м². Современное состояние территории детского сада характеризуется наличием цветников, деревьев и кустарников, а также газонов. Детские площадки имеют небольшое количество игрового оборудования. При оценке существующей растительности учитывалось состояние всех деревьев и кустарников на участке. Древесно-кустарниковая растительность представлена сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), вязом гладким (*Ulmus laevis*), чубушником венечным (*Philadelphus coronaries*), ясенем обыкновенным (*Fraxinus excelsior*), шиповником обыкновенным (*Rosa cinnamomea*) (таблица).

Деревья старовозрастные, большая часть их находится в удовлетворительном качественном состоянии, однако требуется проведение санитарной обрезки (вырезки сухих сучьев). Кроме того, есть ряд деревьев, находящихся в неудовлетворительном качественном состоянии, с явными признаками стволовых вредителей, гнили, усыхания кроны, представляющие угрозу жизни и здоровью граждан в случае падения. Данные растения рекомендуется удалить. Наряду с этим шиповник обыкновенный появился в качестве поросли розы, его проектом предусмотрено выкорчевать. Остальные деревья и кустарники нуждаются в санитарной обрезке, находятся в хорошем состоянии [1].

Территория должна быть спланирована с учетом природного окружения, а также архитектурных особенностей самого здания детского сада и окружающих зданий. Планировка территории должна учитывать требования к составу и размерам элементов участка, благоустройству и озеленению, дизайну [2].

Оценка видового состава насаждений, используемых в озеленении территории

№ п/п	Наименование посадочного материала	Кол-во, шт	Высота, м	Отношение к свету	pH почвы	Отношение к влаге
1.	Ель колочая (Picea pungens)	7	2,0	светолюбивое	4,5-5,0	засухо-устойчивое
2.	Бархат амурский (Phellodendron amurense)	1	2,0	светолюбивое	5,0-7,5	засухо-устойчивое
3.	Береза повислая (Betula pendula)	7	1,8	светолюбивое	5,0-6,5	засухо-устойчивое
4.	Ива ломкая (Salix fragilis)	2	2,0	светолюбивое	6,1-7,0	влаголюбивое
5.	Клен остролистный (Acer platanoides)	5	1,8	теневыносливое	6,0-7,5	умеренное увлажнение
6.	Клен ясенелистный (Acer negundo)	6	1,8	теневыносливое	6,0-7,5	умеренное увлажнение
7.	Кизильник блестящий (Cotoneaster lucidus)	114	0,5	теневыносливое	5,5-6,0	засухо-устойчивое
8.	Лапчатка кустарниковая (Potentilla fruticosa)	115	0,3	светолюбивое	5,5-8,0	засухо-устойчивое
9.	Лещина обыкновенная (Corylus avellana)	76	2,0	светолюбивое	5,5-8,0	засухо-устойчивое
10.	Сирень обыкновенная (Syringa vulgaris)	31	2,0	светолюбивое	6,6-7,5	умеренное увлажнение
11.	Спирея японская (Spiraea japonica)	12	1,5	светолюбивое	6,1-7,0	засухо-устойчивое
12.	Яблоня гибридная (Malus hybridus)	5	1,5	светолюбивое	6,1-7,0	умеренное увлажнение
13.	Крокус крымский (Crocus tauricus)	100	0,1	светолюбивое	6,5-7,5	засухо-устойчивое
14.	Крокус крымский (Crocus tauricus)	50	0,1	светолюбивое	6,5-7,5	засухо-устойчивое
15.	Крокус крымский (Crocus tauricus)	70	0,1	светолюбивое	6,5-7,5	засухо-устойчивое
16.	Барвинок травянистый (Vinca herbacea)	30	0,15	светолюбивое	6,5-7,0	умеренное увлажнение
17.	Хоста гибридная (Hosta hybrida)	3	0,3	теневыносливое	6,5-7,5	влаго-любивое
18.	Гейхера гибридная (Heuchera hybrida)	7	0,3	теневыносливое	6,4-8,5	влаго-любивое

Максимальное расстояние, на котором зрячий взрослый (воспитатель) может различить движение ребенка, составляет примерно 135 метров, а максимальное расстояние до лица ребенка – 20-25 метров. В соответствии с существующими рекомендациями проект включает игровую зону для малышей, где есть групповые игровые площадки, личные для каждой младшей и старшей группы, площадью не менее 120-180 м² каждая, спортивно-игровую площадку (площадью 450 м²) с физкультурно-игровым городком для подвижных игр, беговыми дорожками и песочной ямой для прыжков, площадку для общедошкольных мероприятий (976 м²) – будет использоваться для проведения детских праздников и спектаклей, ограждена зеленой изгородью

от детской игровой зоны, участок цветочно-декоративных и полевых культур, который будет способствовать образовательной деятельности, участок для тихого отдыха и хозяйственную зону с местом разгрузки и площадкой для мусоросборников, предусмотрены парковочные места на 3-4 автомобиля (служебный транспорт). Все участки и сооружения на территории связаны между собой дорожно-тропиночной сетью, по возможности проложенной поверх существующих коммуникаций с целью упрощения ремонта в случае их поломки и учета ограничений по посадке деревьев и кустарников. Рассматривая более подробно предлагаемые авторами мероприятия по реконструкции дошкольной территории, следует начать с физкультурной зоны (рис. 1).



Рис. 1. Спортивно-игровая площадка



Рис. 2. Зона для мероприятий



Рис. 3. Ясельно-игровая зона

Зоны с гимнастическим оборудованием и спортивными снаряжениями имеют цветное зонирование, беговые дорожки расположены вдоль спортивного ядра, на противоположной стороне размещена яма для прыжков. Прорезиненное покрытие можно окрашивать в различные яркие цвета, при этом оно устойчиво к истиранию, что особенно важно при устройстве спортивных площадок. Из дополнительного оборудования следует отметить наличие дежурного освещения. Следующая зона – зона для мероприятий. Учитывая пожарные требования, имеет три самостоятельных входа и выхода. На площадке для мероприятий находится сцена для проведения детских спектаклей (рис. 2).

Площадка вымощена плиткой, что несет собой эстетический и экологичный характер. Ее авторы запланировали однотонной, но теплого серого оттенка. Для желающих передохнуть в более спокойной обстановке в северной зоне площадки предусмотрена беседка-пергола в тени деревьев, также оборудованная скамейками и защищающая от прямых лучей солнца. Ещё одной функцией рассматриваемой территории является образовательная [3]. К зоне для мероприятий примыкает дорожка, вдоль которой запланированы участки цветочно-декоративных, а также овощных и полевых культур, которые включены в научно-исследовательскую (учебно-опытную) зону [4]. Продолжая движение на восток по территории площадки для мероприятий, можно попасть в ясельную игровую зону (рис. 3).

Она предназначена для ясельной группы с теньевыми навесами. При этом теньевые

навесы не сокращают освещенность территории. Теньевые навесы имеют деревянный настил. На площадках установлено стационарное игровое оборудование. Перейдя в старшие групповые площадки, также оборудованные теньевыми навесами, можно заметить уже другое оснащение. Так как дети от 3-7 лет отличаются активностью, для них поставлены турникеты, гимнастические стенки, горки, лесенки, качели. Вся планировка и оборудование было спроектировано с учетом роста и возраста детей, имеет документацию, подтверждающую качество и безопасность. Территорию вокруг здания детского сада предлагается выполнить в более строгом стиле, здесь должны расположиться площадка для общего сбора и площадки тихого отдыха для школьников разных возрастов. Визуализацию одной из них представляем на следующем рисунке, как видно, основным её оборудованием являются скамейки, расположенные в тени деревьев (рис. 4).

Далее можно увидеть зону перед главным входом в здание. Отсюда осуществляется въезд на территорию детского сада. Предусмотрена парковка для автомобилей воспитателей, родителей и гостей, что наглядно видно на рисунке 5.

Площадки для прогулок ясельной и дошкольной группы были сохранены на тех же местах, на них заменили покрытие, малые архитектурные формы, планировку. Для обучения правилам движения на дороге и поведению пешеходов на участке предусмотрено организовать на большей части дорожно-тропиночной сети разметки и знаки.



Рис. 4. Зона тихого отдыха



Рис. 5. Входная зона

Мощение на территории предусмотрено четырьмя видами. Мощение плиткой – для площадок отдыха, а также для секции по проведению мероприятий. Площадки спортивные и игровые выполнены из высококачественной резиновой крошки, применены специализированные покрытия «Регупол», «Тэпинг». Все проезжие части предполагается закрыть асфальтобетоном. Асфальтом покрыты стоянка и площадка для общего сбора. При подборе ассортимента руководствовались тем принципом, что насаждения, с одной стороны, должны нести защитные функции, изолируя территорию детского сада от автодорог, а с другой – способствовать развитию познавательной активности дошкольников в области ботаники и дендрологии [5]. Насаждения позволяют выделить и изолировать функциональные зоны друг от друга.

Заключение

В ходе предпроектного анализа проектируемой территории были выявлены все проблемные места и достоинства земельного участка, на котором планируется произвести мероприятия по благоустройству и озеленению. Кроме того, были установлены границы участка, географические особенности и условия климата, определены зоны действия коммуникаций и ос-

новные транзитные пути, проведен анализ архитектурно-планировочной ситуации, произведена инвентаризация существующих насаждений, разработано композиционное решение территории. В целом для системы озеленения и их отдельных объектов наибольшее значение имеют: оптимальное сочетание функций; соответствие планировочно-структурной организации территории по степени использования; непрерывность озелененных пространств; взаимное влияние города и зеленых насаждений, а также сохранение экологического равновесия.

Список литературы

1. Подлужная А.Д., Довганюк А.И. Принципы благоустройства и озеленения территорий дошкольных образовательных учреждений // Вестник ландшафтной архитектуры. 2021. № 26. С. 63-65.
2. Ершова А.Ю., Калашников Д.В. Озеленение дворовых территорий в условиях плотной городской застройки // Вестник ландшафтной архитектуры. 2021. № 26. С. 30-34.
3. Егорова Д.А., Бессонова А.В. Озеленение внутридворовых территорий // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4809/4844> (дата обращения: 15.11.2023).
4. Нестеренко Н.П. Озеленение территории учреждения // Бюджетный учет. 2023. № 6 (222). С. 24-28.
5. Дубовицкая А.Ю., Ивлиева У.П., Попова В.А., Чесноков Н.Н. Благоустройство и озеленение территории общеобразовательной школы // Наука и Образование. 2021. Т. 4, № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/3734/3719> (дата обращения: 05.10.2023).

УДК 911.2:630.181
DOI

ГОРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ АДЫГЕИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Назаренко О.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: ovnazarenko@sfedu.ru

В статье отражены результаты исследований ландшафтов Майкопского района республики Адыгея. Цель исследования – охарактеризовать изменения, происходящие в ландшафтах в условиях антропогенной трансформации. В ходе работы были проанализированы изменения, происходящие в природных комплексах, и вызывающие их факторы. Низкогорный пояс представлен лиственными (буково-грабовыми, дубовыми), смешанными и хвойными лесами. Территория среднегорья испытывает огромную нагрузку, по генезису выделяются следующие трансформированные ландшафты: антропогенные, пастбищно-дигрессионные и пирогенно-трансформированные. Разработка полезных ископаемых приводит к вырубке или деградации лесов. Пастбищно-дигрессионные ландшафты формируются в результате неконтролируемого выпаса скота, что приводит к деградации территории и выделению участков пастбищной дигрессии: слабо, средне и сильно деградированных территорий. В настоящее время наблюдается расширение сильно деградированных территорий и сокращение лесов. Деградация ландшафтов в районах активного развития туризма относится к средней и сильной степени. Значительное превышение фактического количества отдыхающих над предельно допустимой рекреационной нагрузкой приводит к дигрессии ландшафта и потери им способности к самовосстановлению. Природные ландшафты в районе исследования деградируют из-за чрезмерного и экологически необоснованного антропогенного воздействия, что отражается на физическом и химическом составе почв, приводит к деградации и исчезновению флоры и фауны, а также появлению или активизации опасных природных явлений.

Ключевые слова: ландшафты, Адыгея, Западный Кавказ, антропогенная трансформация, лесные экосистемы, туризм

MOUNTAIN LANDSCAPES OF ADYGEA IN CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION

Nazarenko O.V.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: ovnazarenko@sfedu.ru

The article reflects the results of research on the landscapes of the Maikop district of the Republic of Adygea. The purpose of the study is to characterize the changes taking place in landscapes under conditions of anthropogenic transformation. The changes occurring in natural complexes and the factors causing them are analyzed. The low-mountain belt is represented by deciduous, mixed and coniferous forests. The territory of the Middle mountains is experiencing a huge load, the following transformed landscapes are distinguished by their genesis: anthropogenic, pasture-digression and pyrogenic-transformed. Mining leads to deforestation or degradation of forests. Pasture-digression landscapes are formed as a result of uncontrolled grazing, which leads to the degradation of the territory and the allocation of areas of pasture digression: weakly, moderately and severely degraded territories. Currently, there is an expansion of heavily degraded areas and a reduction in forests.

Keywords: landscape, Adygeya, Western Caucasus, anthropogenic transformation, forest ecosystems, tourism

Республика Адыгея – удивительный по красоте и разнообразию регион Северного Кавказа, что привлекает внимание многих ученых и отражено в ряде работ. В работах [1, 2] анализируются особенности растительности и влияния природы на сельское хозяйство [3, 4]. Роль климата в формировании гидрологической сети отражена в [5]. Динамичное развитие туризма связано с миграционной привлекательностью территории, что, в свою очередь, спровоцировало развитие транспортного комплекса и аграрного сектора [6, 7]. Горные ландшафты Адыгеи испытывают значительную антропогенную нагрузку [8, 9], что, в свою очередь, требует проведения мониторинговых исследований и контроля антропогенной нагрузки [10–12]. В настоя-

щее время одно из приоритетных направлений современного перехода к устойчивому развитию – сохранение лесных экосистем, что способствует глобальной стабильности. Однако, несмотря на большое количество исследований растительного покрова региона, современная оценка трансформации ландшафтов в условиях антропогенного пресса остается актуальной.

Мониторинг растительного покрова на базе практики и учебного туризма Южного федерального университета «Белая речка» (п. Никель Майкопского района Республики Адыгеи) проводится с 1970-х гг. База практики расположена в поясе широколиственных лесов на правом берегу реки Белой. Многолетние исследования в данном районе направлены на выявление изме-

нений в структуре растительности, оценку современного состояния и разнообразия растительных сообществ.

Цель исследования – охарактеризовать изменения, происходящие в ландшафтах в условиях антропогенной трансформации.

Материалы и методы исследования

Материалом для анализа послужили данные, собранные на территории Майкопского района Республики Адыгея, где на протяжении многих лет кафедрой физической географии, экологии и охраны природы ЮФУ проводятся комплексные физико-географические исследования. База практики расположена на правом берегу р. Белая, в районе впадения в нее р. Сук.

Флора насчитывает более 800 видов. Данное местоположение очень удачно, так как в непосредственной близости расположены различные типы лесной (буковый, буково-грабовый, дубовый, пихтовый, пойменный лес) и травянистой (среднегорные высокогорные поляны, луга, высокотравные поляны) растительности.

На территории Майкопского района были заложены выборочные площадки для изучения трансформации ландшафтов (рис. 1), они включали исследование геологических, почвенно-ботанических, гидрологических и климатических особенностей территории. Описание растительности проводилось на пробных площадках и ландшафтным профилированием.



Рис. 1. Ландшафты Республики Адыгея

Пробные площадки закладываются в форме квадрата в древесных фитоценозах площадью не менее 400 м², в травянистых – 100 м². При описании лесных сообществ закладывались пробные площадки размером 20*20 м, указывается общее число и виды деревьев, сомкнутость крон (в%), средний возраст, их высота (в метрах). Общее число деревьев принимается за 10, если насаждение смешанное, то состав отражает соотношение пород, например, 8Д+Гр+Б (8 деревьев дуба, единичные экземпляры граба и бука). Высота деревьев определялась эклиметром, диаметр ствола – сантиметровой лентой. При характеристике возобновления учитываются всходы (растения первого года жизни) и подрост (со второго года жизни). Определяется проективное покрытие с помощью сеточки Раменского.

При описании травянистых сообществ закладываются пробные площадки площадью 10*10 м, указываются основные виды, доминанты, ярусы. При характеристике флористического состава описывают обилие видов, фазу развития, ярус, проективное покрытие.

Ландшафтное профилирование включало определение следующих показателей: крутизна склона, расстояние между точками (м), проективное покрытие (%), количество деревьев, средняя высота деревьев (м), средний диаметр деревьев (см), сомкну-

тость крон (%) и др. Сравнение результатов ландшафтного профилирования и описаний ландшафтных площадок позволяет оценить происходящие изменения.

Результаты исследования и их обсуждение

В рельефе района базы практики преобладают низкогорные и среднегорные ландшафты. Это один из богатейших по характеру растительного покрова и флористическому разнообразию район Кавказа. Флора здесь представлена 888 видами сосудистых растений, что составляет 37,8% от общего числа видов флоры Северо-Западного Кавказа [2, 13]. Низкогорный пояс представлен лиственными, смешанными и хвойными лесами.

Территория среднегорья испытывает огромную нагрузку, что приводит к трансформации ландшафтов. Преобразование во многом связано с освоением ее рекреационного потенциала: строительство дорог, вырубка леса для застройки гостиниц и горнолыжных курортов, открытие новых производств, добыча полезных ископаемых. Все это приводит к нарушению равновесия природных систем. По генезису антропогенного воздействия выделяются следующие трансформированные ландшафты: антропогенные, пастбищно-дигрессионные и пирогенно-трансформированные.



Рис. 2. Район вырубki в период с 2013 по 2020 г., правый берег р. Белая, г. Трезубец (<https://dataspace.copernicus.eu/>, 1:30 000)

Ярким примером антропогенного преобразования территории является разработка полезных ископаемых в районе горы Трезубец, где до 2013 г. практически не наблюдалось воздействия человека и произрастали дубово-грабовые и буково-грабовые леса. Через три года на снимках хорошо просматривается участок вырубki, площадь которой составила 73 тыс. м². Далее площадь вырубki еще больше растет до 278 тыс. м² (2018 г.) и 278 614 м² (2020 г.) (рис. 2).

Древесно-кустарниковая растительность является главным компонентом биогеоценозов в районе исследования, но лесные сообщества естественным образом иногда уступают место луговой растительности. Несмотря на то, что местообитания после лесных сукходольных лугов характеризуются сравнительной стабильностью условий, классификация луговой растительности затруднена из-за полидоминантности их видового состава и изменения соотношения видов в течение вегетационного сезона, в годы с разными погодными условиями.

Пастбищно-дигрессионный ландшафт формируется в результате неконтролируемого выпаса скота на широкой 2-й надпойменной террасе р. Белая. На исследованном участке была произведена геоботаническая съемка, позволившая выделить участки пастбищной дигрессии: слабо, средне и сильно деградированные территории.

На слабо деградированных участках наблюдается высокая видовая насыщенность, доминируют такие виды, как злаковые, мелкопестник, цикорий, репешок обыкновенный, донник лекарственный, душица обыкновенная, пижма, мята перечная, вязель пестрый, клевер луговой, девясил высокий, бузина травянистая, конский щавель, люцерна и др. Проективное покрытие составляет более 80 %, средняя высота травостоя – около 60–65 см, запас надземной фитомассы отличается высокими показателями. Растительный покров изменен локально, почвы уплотнены, рельеф не нарушен, подросты деревьев сохраняются в естественном виде.

На средне деградированных участках отмечается уменьшение видового разнообразия, доминируют такие виды, как горец птичий, клевер луговой, мелкопестник, мята перечная, одуванчик лекарственный, вязель пестрый, лядвенец рогатый, злаковые. Проективное покрытие на таких участках уменьшается до 50 %, средняя высота травостоя составляет 20–30 см. Почвы сильно уплотнены, наблюдаются изменения в рельефе.

Сильно деградированные территории отличаются крайне низкой видовой насыщенностью, на таких участках доминирует горец птичий, амброзия, клевер луговой, подорожник. Проективное покрытие здесь падает до 20 %, средняя высота травостоя составляет около 5–10 см, наблюдается образование пустошей. Деградация лугов обусловлена различными причинами, но основная – выпас скота, который производится без регуляции его численности и соблюдения системы. В результате происходит постепенное уменьшение видового разнообразия, а территория находится на стадии слабой и средней степени дегрессии. Следует отметить, что площадь сильно деградированных территорий постоянно увеличивается.

Большое влияние на трансформацию природных комплексов оказывает и рекреационная деятельность. Ярким примером является тропа по водопадам ручья Руфабго. Это ландшафтно-геологический памятник природы регионального значения. Территория испытывает длительное и интенсивное использование. Тропа проходит вдоль ручья, и она оборудована до пятого водопада из десяти. Геоботаническая съемка основных участков оборудованной части маршрута показала, что существенные нарушения отмечаются в местах стоянок и на отсыпанных участках тропы, где зафиксированы участки, лишенные растительности, и сильно уплотненный почвенный покров. Растительность относится к буково-грабово-дубовому лесу. Основными породами являются бук восточный, дуб скальный и граб обыкновенный. Второй ярус образован грабом восточным, кленом красивым, ясенем обыкновенным. Кустарниковый ярус: бересклет европейский, бирючина обыкновенная, боярышник пятистолбиковый, лещина обыкновенная, кизил мужской. Травянистая растительность представлена следующими видами: папоротниками (костенец волосовидный, щитовник мужской, листовник сколопендровый и др.), хвощ зимующий, белокопытник лекарственный, вороний глаз, гравилат городской, ожина, лук медвежий, недотрога обыкновенная, сныть обыкновенная, ясменник кавказский. Возле тропы встречается бодяк обыкновенный, горец земноводный, подорожник большой, крапива двудомная, чистотел большой, эти виды составляют около 10 % [14]. На тропе и вдоль нее растительность угнетена, ветки деревьев обломаны, корни обнажены (рис. 3).



Рис. 3. Тропа вдоль ручья Руфабго

Деградация ландшафтов средней и сильной степени. Значительное превышение фактического количества отдыхающих над предельно допустимой рекреационной нагрузкой привело к дигрессии ландшафта и потере им способности к самовосстановлению.

Заключение

Таким образом, Майкопский район Республики Адыгея испытывает большую антропогенную нагрузку, которая отражается в преобразовании растительного покрова. Ландшафты трансформируются под влиянием рекреационных, антропогенных и пирогенных факторов. Активное освоение полезных ископаемых приводит к вырубке наиболее ценных буково-дубовых лесов. Природные ландшафты Адыгеи деградируют из-за чрезмерного и экологически необоснованного антропогенного воздействия, что отражается на физическом и химическом составе почв, приводит к деградаци и исчезновению флоры и фауны, а также появлению опасных природных явлений. Но, несмотря на это, положительное влияние тоже присутствует: лесовосстановление, охрана природных комплексов, которые помогают сохранить первозданную природу Адыгеи.

Список литературы

1. Акатов П.В., Варшанина Т.П. Современная граница лесов на западном Кавказе (в пределах Краснодарского края и республики Адыгея) // Экологический вестник Северного Кавказа. 2013. Т. 9, № 3. С. 86–88.
2. Бондаренко С.В. Флора и растительность верхнего горного пояса Кабардино-Балкарского заповедника (Центральный Кавказ) и бассейна р. Белой (Западный Кавказ) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2010. № 5 (159). С. 75–78.
3. Акатов В.В., Акатова Т.В., Чефранов С.Г. Связь между степенью доминирования и видовым богатством в травяных сообществах с разной продуктивностью // Сибирский экологический журнал. 2018. Т. 25, № 4. С. 397–410. DOI: 10.15372/SEJ20180402.
4. Акатов В.В., Акатова Т.В., Афанасьев Д.Ф., Ескина Т.Г., Сушкова Н.М., Чефранов С.Г. О площади растительных сообществ, обеспечивающей сохранение их видового богатства в условиях воздействия доминирующих видов // Экология. 2023. № 5. С. 396–400. DOI: 10.31857/S0367059723050037.
5. Овчаренко Л.А., Короткова Е.А. Роль климатических факторов в формировании стока реки Белой в современный период // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2022. № 3 (215). С. 62–69.
6. Теучеж Ф.Д. Географо-экологический анализ взаимодействия сельского хозяйства и природы на территории Республики Адыгея // Вестник Адыгейского государственного университета. 2018. № 4 (231). С. 171–173.
7. Аникина А.В. Сельский туризм: возможные перспективы // Sochi Journal of Economy. 2015. № 1. С. 69–75.
8. Романова Г.М., Ветитнев А.М. Импортзамещение в туризме: новые возможности для российской туристической индустрии // Sochi Journal of Economy. 2015. № 1. С. 114–150.
9. Назаренко О.В., Рубан Д.А., Заяц П.П. Эстетическая привлекательность водных объектов (родников и водопадов) на Юге России: апробация новой методики // Географический вестник. 2015. № 3. С. 18–25.
10. Назаренко О.В. Полигон «Белая речка» как основа внедрения междисциплинарных технологий // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Естественные науки. 2009. № 1. С. 102–103.
11. Дымов А.А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор) // Почвоведение. 2017. № 7. С. 787–798.
12. Казеев К.Ш., Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Шевченко Н.Е., Грабенко Е.А., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И. Изменение свойств дерново-карбонатных почв после сплошной рубки в хвойно-широколиственных лесах Северо-Западного Кавказа // Лесоведение. 2021. Т. 4, № 4. С. 426–436.
13. Доклад об экологической ситуации в Республике Адыгея [Электронный ресурс]. URL: <http://www.adygheya.ru/> (дата доступа: 23.07.2023).
14. Паспорт памятника природы республиканского значения «Водопады ручья Руфабго» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.adygheya-oopt.ru/index.php/pamyatniki-prigody/vodopady-ruchya-rufabgo/ofitsialnaya-informatsiya> (дата доступа: 23.07.2023).

УДК 502:911(571.56-37)
DOI

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ТУОСТАХ» ДЛЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Николаев А.А.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: cd051@mail.ru

Статья посвящена эколого-географической оценке территории республиканского ресурсного резервата «Туостях», который расположен в Верхоянском улусе Республики Саха (Якутия) в бассейне р. Туостях, на площади 503530,0 га, для туристско-рекреационной деятельности. Резерват организован в 1997 году. В ходе исследования резервата проведен комплексный анализ природных, геоморфологических, климатических, растительных, животных и других особенностей ресурсного резервата. Рассмотрен режим использования резервата, в частности запрещенные и разрешенные виды деятельности на его территории. Установлено, что туристическая деятельность отчасти запрещена, что противоречит посещению уникальных памятников природы, расположенных в этом резервате, а разрешенные виды деятельности, например сбор и рыболовство, допустимы только для местного населения, что некоторым образом снижает туристическую привлекательность данного участка природы, богатого ягодами, грибами и рыбой. Проведена оценка критериев экологической устойчивости ландшафтов резервата. Общая оценка экологической устойчивости составила 9 баллов, что соответствует экологически малоустойчивым ландшафтам ООПТ. В результате исследования и проведенных оценок разработаны некоторые выводы о территориально-планировочном обустройстве ресурсного резервата, функциональных зонах и их режимах, а также по совместной координированной работе государственных органов экологии с туристическими компаниями, которые в данное время работают на территории ресурсного резервата не согласовано и не организовано. Даны некоторые рекомендации при планировании туризма на этом уникальном участке природы.

Ключевые слова: ресурсный резерват «Туостях», Верхоянский улус, устойчивость ландшафтов ООПТ, природные условия Верхоянского улуса, р. Туостях, горы «Кисильяхи»

ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL ASSESSMENT RESOURCE RESERVE «TUOSTAKH» FOR TOURIST AND RECREATIONAL ACTIVITIES

Nikolaev A.A.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: cd051@mail.ru

The article is devoted to the ecological and geographical assessment of the territory of the republican resource reserve «Tuostakh» for tourist and recreational activities, which is located in the Verkhoyansk ulus of the Republic of Sakha (Yakutia) in the river basin. Tuostakh, on an area of 503530.0 hectares. Organized in 1997. During the study of the reserve, a comprehensive analysis of the natural, geomorphological, climatic, plant, animal and other features of the resource reserve was carried out. The regime of use of the reserve is considered, in particular the prohibited and permitted types of activities on their territory. It has been established that tourism activities are partly prohibited, which contradicts visiting the unique natural monuments located in this reserve, and in permitted activities, for example, gathering and fishing are permissible only for the local population, which in some way loses the tourist attractiveness of this area of nature, especially rich in berries, mushrooms and fish. The criteria for environmental sustainability of the reserve's landscapes were assessed. The overall assessment of environmental sustainability was 9 points, which corresponds to environmentally unsustainable landscapes of protected areas. As a result of the research and assessments, some conclusions were developed on the territorial planning arrangement of the resource reserve, functional zones and their regimes, as well as on the joint coordinated work of state environmental authorities with tourism companies, which are currently operating on the territory of the resource reserve not agreed upon and not organized. Some recommendations are given when planning tourism in this unique area of nature.

Keywords: resource reserve «Tuostakh», Verkhoyansk ulus, sustainability of landscapes of protected areas, natural conditions of the Verkhoyansk ulus, Tuostakh river, «Kisilyakhi» mountains

Ресурсный резерват республиканского значения «Туостях» утвержден постановлением правительства Республики Саха (Якутия) от 12.05.1997 № 191 с целью сохранения мест массового гнездования водоплавающей дичи, воспроизводства и восстановления численности диких копытных, экосистемы бассейна р. Туостях [1].

Резерват «Туостях» находится в Верхоянском улусе Республики Саха (Якутия).

Расположен в бассейне р. Туостях (рис. 1). Общая площадь резервата «Туостях» составляет 503530,0 га. Граница ресурсного резервата «Туостях» начинается от устья речки Туостях и проходит вниз по левому берегу реки Адыча до устья речки Кетет, пересекает реку Адыча и проходит по водоразделу речек Ольдэ и Няннели до пересечения границы Верхоянского и Момского улусов [2].

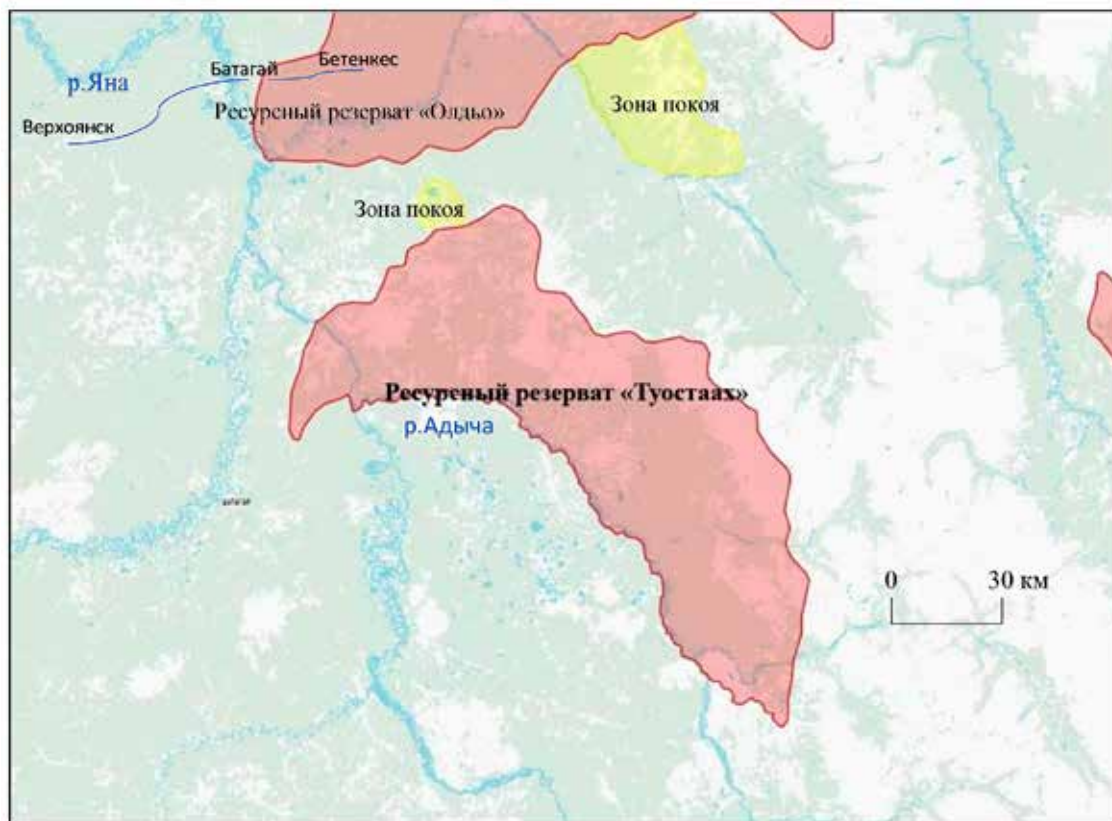


Рис. 1. Картограмма расположения ресурсного резервата республиканского значения «Туостаах» [3]

— – Автомобильная трасса;
 – Ресурсные резерваты республиканского значения;
 – Особо охраняемая природная территория «Зона покоя»

Район резервата богат местами гнездования водоплавающей дичи. В ресурсном резервате расположены так называемые привлекательные для туристов природные объекты горы-останцы «Кисилиахи» Верхоянского хребта.

Цель исследования: выполнить эколого-географическую оценку ресурсного резервата «Туостаах» для туристско-рекреационного использования.

Материалы и методы исследования

Материал и методы исследования: материалы исследования базируются на натурном обследовании, проведенном летом 2022 года по участкам территории ресурсного резервата, с компонентным изучением ландшафтного, климатического и природного составляющего резервата. Методами исследования явились собственные исследования [4] и анализ ряда работ других авторов по направлению туристско-рекреационной деятельности в особо ох-

раемых природных территориях, таких как Д.В. Золотов и А.В. Тихомирова [5, 6]. Исследование В.Г. Исаковой [7], где она описала природные условия бассейна р. Туостаах, также явилась основой исследования наряду с собственным наблюдением и изучением в целях комплексной оценки эколого-географического состояния природных компонентов.

Критерии экологической устойчивости ландшафтов ресурсного резервата рассмотрены в таблице: выше 20 баллов – 1-й класс, входят в экологически высокоустойчивые ландшафты ООПТ, где возможно быстрое увеличение воспроизводства популяций диких животных; 15–20 баллов – 2-й класс, это экологически устойчивые ландшафты ООПТ; 10–15 баллов – 3-й класс, экологически среднеустойчивые ландшафты ООПТ; 5–10 баллов – 4-й класс, экологически малоустойчивые ландшафты ООПТ; менее 5 баллов – 5-й класс, экологически подверженные ландшафты ООПТ [8].

Критерии экологической устойчивости ландшафтов ООПТ (по баллам)

Оценка, баллы	Географическая доступность, км	Продолжительность безморозного периода, дни	Лесистость, проценты	Близость населенного пункта, км	Площадь ООПТ кв. км
1	<10	40–65	<10	<10	<1000
2	10–50	65–90	10–30	10–50	1000–5000
3	50–100	90–115	30–50	50–100	5000–10000
4	100–200	115–140	50–80	100–200	10000–20000
5	200>	140>	80–100	200>	20000>

Результаты исследования и их обсуждение

Территория ресурсного резервата «Туо-стах» представляет собой преимущественно ледниковую аллювиальную холмистобугристую горно-таежную равнину с термокарстовыми озерами. Резерват расположен на границе Табалахского и Черюмчинского наслегов Верхоянского улуса Республики Саха (Якутия). При характеристике тектоники территории необходимо отметить, что он находится в Верхоянско-Колымской складчатой области, представленной магматическими образованиями; породами кислого состава, такими как граниты, гранодиориты, диориты и кварцевые диориты, сиениты, монцониты, граносиениты. Входит в мезозойскую группу – триасовой

и юрской систем. Минерально-сырьевой район – золотоносный [9]. Высота рельефа в западной части составляет в среднем 700–1000 м, на востоке встречаются останцы, где высота над уровнем моря может достигать 1500 м. Это окраина обширного горноскладчатого района хр. Черского. Таким образом, здесь представлены лесные, луговые, альпийно-тундровые ландшафты. Такое своеобразие сочетания ландшафтного разнообразия представляет собой весьма интересную часть участка природы и способствует туристической привлекательности. В этой части встречаются уникальные гранитоидные горы-останцы, называемые в народе «Кисиляхи», имеющие различные причудливые формы, широко почитаемые местным населением и туристами (рис. 2).



Рис. 2. Горы «Кисиляхи» привлекают туристов своими причудливыми, уникальными формами и славятся как загадочное, таинственное место в Якутии (фото автора)

Климат весьма суровый, субарктический, резко-континентальный, что определяется географическим положением. Средняя температура января составляет от -38°C до -48°C , июля $+15-17^{\circ}\text{C}$. Осадков выпадает мало – 150–200 мм, что сравнимо с количеством осадков в пустынных местностях. Заморозки возможны круглый год, включая и лето. В данной местности зимой постоянно формируются температурные инверсии из-за чрезвычайно холодного и плотного воздуха Азиатского антициклона в глубоких впадинах [9].

Толщина многолетней мерзлоты района исследования составляет в среднем от 150 до 500 м. Мерзлые толщи распространены повсеместно на всех элементах рельефа, на любых типах грунтов. Встречаются многолетние ледовые явления – слабо-льдистые горные породы [9]. Резерват находится в бассейне реки Яны, ее правого притока р. Адыча. Режим реки – с половодьем в теплую часть года, так называемый дальневосточный тип водного режима, с резким подъемом воды во время дождей [9]. Подземные воды территории пресные – криогенные напорные, принадлежит к Яно-Колымскому бассейну, а криогенные напорные и гидрогеологические приурочены к Полоуснеско-Верхнеколымскому массиву [9].

Равнинная часть представлена мерзлотными равнинными почвами, таежная часть – северотаежными, перегнойно-глеевыми, мерзлотными таежными и мерзлотными болотными почвами. В интразональной части резервата распространены мерзлотные почвы средней тайги – комплекс почв пойменных и надпойменных террас. В горных территориях – горно-тундровые, подбуры тундровые и курумники [10].

Бассейн реки Туоустах отличается своим уникальным растительным и животным миром. Благодаря своеобразию экологических условий среды обитания здесь сформировался специфический комплекс живой части экосистемы. На этом фоне бассейн р. Туоустах является одной из своеобразных жемчужин Верхоянья, он пока еще слабо или совсем не затронут воздействием человека [7].

Растительный мир – типичный для всего северо-востока Якутии. По большей части представлен бореальной растительностью; лишайниковыми и зеленомошно-лишайниковыми (*Cetraria cucullata*, *Aulacomnium turgidum*) в сочетании с брусничными лесами и ерниками (*Betula fruticosa*, *B. exilis*). Также распространены влагалитно-пушицевые в сочетании с лишайниковыми (*Cladina*

arbuskula, *Cetraria cucullata*) лесами и приналедной растительностью (*Equisetum variegatum*, *Salix saxatilis*). Болота представлены растительностью тундровых болот и тундроболотных комплексов. Высотные комплексы представлены эпилитно-лишайниковыми (*Rhizocarpon geographicum*, *Naematomma ventosum*, *Umbilicaria*) каменистыми пустынями [10].

Список встречающихся здесь птиц включает 137 видов, млекопитающих – 30 видов и содержит почти половину всего разнообразия фауны Республики Саха (Якутия). Характерные виды птиц: свизязь (*Mareca penelope*), серошекая поганка (*Podiceps grisegena*), морская черныт (*Aythya marila*), овсянка-крошка (*Emberiza pusilla*), бурый дрозд (*Turdus eunomus*), сибирская завирушка (*Prunella montanella*), горный конек (*Anthus spinoletta*), кедровка (*Nucifraga caryocatactes*), сибирский вьюрок (*Leucosticte tearctoa*), горная трясогузка (*Motacilla cinerea*), хрустан (*Charadrius morinellus*) и т.д. Широко распространенные виды животных – дикий северный олень, лось, соболь, волк, лисица, бурый медведь и т.д. Из млекопитающих отряда грызунов характерными видами являются северо-сибирская полевка (*Microtus hyperboreus*), лесной лемминг (*Myopus schisticolor*) и т.д. [9].

В ресурсном резервате «Туоустах» находятся под охраной четыре вида краснокнижных растений, обитают многие виды редких и эстетически ценных краснокнижных насекомых. В составе орнитофауны зарегистрировано 15 видов краснокнижных птиц. Из млекопитающих встречается рысь, нуждающаяся в особом внимании к состоянию в природной среде. Резерват служит для восстановления численности ценных видов – соболя, лося, снежного барана и яно-индигирской популяции дикого северного оленя. Особое внимание уделяется восстановлению яно-индигирской популяции дикого северного оленя, так как в последние годы из-за неконтролируемого отстрела их количество намного уменьшилось.

Приведены данные авиаучета, проведенного в июле 2012 г. в яно-индигирском и колымо-индигирском междуречьях. Было установлено, что численность яно-индигирской популяции сократилась в сравнении с данными предыдущего учета с 34 тыс. до 1,5–2,0 тыс. особей. Одной из главных причин столь катастрофического сокращения яно-индигирской популяции авторы считают чрезмерный промысел [11].

Из обитающих в бассейне Яны рыб к категории особо охраняемых относится янская популяция сибирского осетра.

Если проанализировать режим ресурсного резервата «Туостах», то к запрещенным видам деятельности и природопользования относятся разбивка туристических стоянок, строительство баз отдыха, туристических объектов. Данные запреты противоречат развитию туризма с уникальными останцами «Кисилихи», где пребывают немало туристов в летнее время. Следовательно, туристская деятельность не согласована с природоохранными органами и туристическими компаниями. Для решения данной проблемы в режиме ресурсного резервата необходимо разрешить пребывание туристов, а также на периферии или в зонах традиционного природопользования разрешить возможность строительства небольших туристических объектов. Следует организовать разнообразные по тематике короткие и многодневные, туристские тропы и маршруты. Однозначно в резервате необходимо развивать только активный и экологический туризм в виде пеших, конных туров, возможно на технике для маломобильных туристов. Также требуется запрет на такие виды деятельности, как рубка леса главного пользования, промысловый сбор и заготовка ягод, грибов и лекарственных растений, эксплуатация водных ресурсов, а также любые действия, изменяющие гидрологический режим поверхностных и подземных вод. Другие факторы беспокойства диких животных и нанесения урона общему состоянию экосистемы резервата, конечно же, оправданы и правильно поставлены в режиме эксплуатации резервата [1].

Тем не менее, туристские компании и фирмы на территории резервата уже устраивают различные туристические маршруты без согласования органов экологии и природопользования, что создает определенную нагрузку на ландшафты, на охраняемые виды животных и растений, так как эти туристские группы могут проходить и по заповедной защитной зоне, вследствие чего охраняемые животные могут уйти с этих мест. На территории резервата нет указателей, аншлагов с объявлениями, что запрещено здесь находиться, нет маршрутов и мест стоянок и отдыха, что делает туризм в этих местах «диким», малопривлекательным и неорганизованным. Так, например, туристической компанией «Визит Якутия» на территории резервата разработан 8-дневный тур по маршруту «Киси-

лях – Туостах» по следующей программе: продолжительность тура – 8 дней, 7 ночей, группа до 30 человек. Маршрут тура: Якутск (аэропорт) – п. Батагай (аэропорт, кафе) – с. Бетенкес (пересадка на катер) – река Адыча – река Туостаах (турбаза) – горы Кисилээх (гостевой дом, трекинг, восхождение) – река Туостаах (база, активности) – с. Бетенкес (пересадка в авто) – п. Батагай (аэропорт) – г. Якутск (аэропорт). Туристический маршрут более-менее разработан туристическими компаниями. Остается только согласовать его с органами экологии и природопользования, что расширит их легальную и более массовую деятельность.

В режиме ресурсного резервата «Туостах» прописаны разрешенные виды деятельности и природопользования при согласовании с органами экологии и природопользования, это: санитарная и выборочная рубка леса для внутренних нужд населения, занимающегося традиционными видами природопользования, и для нужд ресурсного резервата; ограниченный лов рыбы и отстрел мелкой дичи для котлового питания работников ресурсного резервата; сбор ягод, грибов местным населением в разрешенные сроки; подледное рыболовство в соответствии с существующими правилами для внутренних нужд местного населения; геологическая съемка и поиски месторождений полезных ископаемых при условии лицензирования; лицензионный промысел пушных зверей в зимний период ограниченным количеством кадровых охотников из числа местных жителей родовых общин; традиционные формы хозяйственной деятельности (оленоводство, скотоводство, коневодство, народные промыслы); добыча, отлов диких животных, сбор яиц и кладки для их последующего разведения в других особо охраняемых территориях, реакклиматизации и в регуляционных целях; проведение научно-исследовательских работ в целях изучения редких и исчезающих видов флоры и фауны; экологическое просвещение населения.

Но все эти разрешенные виды доступны только для местного населения. Здесь необходимо в режиме резервата разрешить туристам сбор ягод, грибов, рыбную ловлю, лицензионную охоту. Такой подход только увеличит посещаемость туристами резервата, вызовет большую заинтересованность у людей. Эти места всегда богаты ягодами – брусникой, голубикой, морошкой, охотой и другими видами, здесь много грибов, озера и речки богаты рыбными запасами,

утками, леса – знаменитыми верхоянскими зайцами для лицензионной охоты. Привлекательность северных участков природы должна быть обусловлена не только созерцанием их причудливых форм памятников природы, но и рациональным природопользованием их природных ресурсов.

Заключение

Таким образом, ресурсный резерват весьма интересен для развития туризма. Ресурсный резерват по оценке экологической устойчивости ландшафтов относится по географической доступности от 10 до 50 км – 2 балла, по продолжительности безморозного периода 40-65 дней – 1 балл, по лесистости от 10 до 30% – 2 балла, по близости населенного пункта (фактор беспокойства для диких животных) от 10 до 50 км – 2 балла, и по площади участка ООПТ от 1000 до 5000 км² – 2 балла. Общая оценка экологической устойчивости ресурсного резервата «Туостах» составляет 9 баллов. Соответственно, он относится к экологически малоустойчивым ландшафтам ООПТ. Таким образом, на территории резервата необходимо развивать «контролируемый» туризм строго по маршрутам, не выходя из функциональных зон. В резервате нужно обустроить территориально-планировочную структуру в виде функционального зонирования, обеспечить проведение туристских и экологических троп с учетом согласования местного населения и без ущерба животным ресурсам для их воспроизводства и пополнения их популяций. В режиме резервата в разрешенных видах деятельности следует прописать туристическую деятельность, в зоне традиционного природопользования возможно строительство небольшой турбазы. Также в режиме резервата можно разрешить туристам сбор ягод, грибов, рыб, лицензионную охоту на дичь, что придаст дополнительную привлекательность резервата для туристов. Лицензионную охоту на диких животных следует разрешать только с учетом численности животных и зимнего учета популяций без нагрузки на их количественный и качественный состав. Лицензионный отстрел нужно проводить строго в зонах традиционного природопользования. В заповедной зоне для воспроизводства и увеличения численности популяций в строгом порядке необходимо исключить охоту и рыболовство. На постоянной основе следует возоб-

новить контроль над ресурсным резерватом инспекциями экологических органов. В сотрудничестве с туристическими компаниями и фирмами необходимо организовать государственно-частное партнерство в сфере туристической деятельности на территории резервата, выполнить общую программу развития «Дорожную карту», что поможет создать дополнительные рабочие места для местного населения. Нужно увеличить сезонность туризма, обустроить туристические маршруты, на постоянной основе обучить гидов – проводников туристов из числа местных жителей и обеспечить их работой.

Список литературы

1. Ресурсный резерват Туостаах: официальный сайт Министерства экологии, природопользования и лесного хозяйства РС(Я). [Электронный ресурс]. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3331653> (дата обращения: 09.11.2023).
2. Туостаах.ООПТ России // Официальный сайт Министерства природных ресурсов РФ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.oopt.aari.ru/oopt/%D0%A2%D1%83%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%85?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (дата обращения: 09.11.2023).
3. Особо охраняемые территории. Саха ГИС: Геопортал Республики Саха (Якутия). [Электронный ресурс]. URL: <https://sakhagis.ru/> (дата обращения: 09.11.2023).
4. Николаев А.А. Особо охраняемые природные территории Якутии для организации экологического туризма // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 89-94.
5. Золотов Д.В. Экологический туризм на особо охраняемых природных территориях Алтайского края: мифы, иллюзии, реалии и перспективы // Использование потенциала особо охраняемых природных территорий для развития экотуризма: матер. научно-практ. конф. (Барнаул, 12 декабря 2014 г.). Барнаул, 2014. С. 90-94.
6. Тихомирова А.В. Экологический туризм на особо охраняемых природных территориях // Вестник ЮУрГУ. Серия «Право». 2021. Т. 21, № 2. С. 109-114.
7. Исакова В.Г. Бриофлора ресурсного резервата «Туостах» (бассейн Р. Яны, северо-восточная Якутия) // Вестник Томского государственного университета. Биологические науки. 2009. № 329. С. 234-236.
8. Николаев А.А. Эколого-географическая оценка устойчивости ландшафтов особо охраняемых природных территорий на примере ресурсного резервата «Куолума-Чапанда» // Успехи современного естествознания. 2023. № 11. С. 89-94.
9. Республика Саха (Якутия). Комплексный атлас. Якутск. ФГУП Якутское аэрогеодезическое предприятие, 2009. 240 с.
10. Атлас Якутской АССР (Карты) / разраб. Якутским гос. ун-том совместно с ф-кой №3 ГУГК при участии Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР; сост. и подгот. к печати ф-ой №3 ГУГК в 1981 г.; редкол.: А.Г. Гущина (отв. ред.) и др. 1:10 000 000, 1:15 000 000. М.: ГУГК, 1981. 1 атл. 40 с.
11. Мордосов И.И., Кривошапкин А.А. Материалы по динамике численности яно-индигирской и сундрунской популяции дикого северного оленя (*Rangifer tarandus L.*) в Якутии // Вестник Северо-Восточного федерального ун-та им М.К. Аммосова. 2016. №1 (51). С. 34-44.

ИЗУЧЕНИЕ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ЛАБЫНКЫР)

Обутов К.А., Дегтева Ж.Ф., Данилов Ю.Г.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: obutovkirill@gmail.com

В данной статье на примере окрестностей озера Лабынкыр Республики Саха (Якутия) рассматривается проблема изучения ландшафтной структуры труднодоступных территорий. Выделяются и описываются характерные особенности природы уникального озера Лабынкыр. С позиции дифференциации ландшафтной структуры производится анализ вегетационных индексов. Представлен результат использования NDVI (Нормализованный индекс разницы растительности), TVI (Трансформированный вегетационный индекс), NRVI (Нормализованное соотношение индекса растительности), MTVI2 (Модифицированный треугольный индекс растительности – улучшенный), MSAVI2 (Модифицированный индекс растительности с коррекцией по почве – 2). Применяется методика, основанная на опыте исследований схожих по труднодоступности территорий и использующая калькулятор растров программного обеспечения QGIS в совокупности с данными о крутизне склонов, полученных с помощью цифровой модели. Особое внимание уделяется особенностям рельефа, так как он является одним из ведущих факторов формирования типа местности. Выделяются и описываются характерные особенности пяти типов местности исследуемой территории: склоновый делювиально-солифлюкционный, склоновый делювиально-коллювиальный, моренный (предгорный моренный), горно-долинный, ледниково-долинный. На основании анализа собранного полевого материала, а также привлечения методов дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий выявлена пространственная организация ландшафтов и представлена картосхема.

Ключевые слова: ландшафтная структура, озеро Лабынкыр, ГИС, вегетационные индексы, типы местности, ландшафтная структура

STUDY OF THE LANDSCAPE STRUCTURE OF HARD-TO-REACH TERRITORIES USING GIS TECHNOLOGIES (USING THE EXAMPLE OF LAKE LABYNKYR)

Obutov K.A., Degteva Zh.F., Danilov Yu.G.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk,
e-mail: obutovkirill@gmail.com

In this article the problem of studying the landscape structure of inaccessible territories is considered on the example of the neighbourhood of Lake Labynkyr in the Republic of Sakha (Yakutia). The characteristic features of the nature of the unique Lake Labynkyr are highlighted and described. From the position of landscape structure differentiation vegetation indices are analysed. The result of using NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), TVI (Transformed Vegetation Index), NRVI (Normalised Ratio Vegetation Index), MTVI2 (Modified Triangular Vegetation Index – improved), MSAVI2 (Modified Soil Corrected Vegetation Index – 2) is presented. The methodology used is based on the experience of studies of areas of similar inaccessibility and uses the raster calculator of QGIS software in combination with slope steepness data obtained from the digital model. Particular attention is paid to the features of the relief, as it is one of the leading factors in the formation of the type of terrain. Characteristic features of five terrain types of the study area are identified and described: slope deluvial-solifluctional, slope deluvial-colluvial, moraine (foothill moraine), mountain-valley, glacial-valley. Based on the analysis of the collected field material, as well as the use of remote sensing methods and geoinformation technologies, the spatial organisation of landscapes was revealed and a map scheme was presented.

Keywords: landscape structure, lake Labynkyr, GIS, vegetation indexes, terrain types, landscape structure

Проведение комплексных полевых исследований труднодоступных территорий всегда было связано со значительными материальными и трудовыми издержками. Поэтому в настоящее время наряду с полевыми исследованиями широко применяются методы дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий.

Изучение ландшафтной структуры окрестностей оз. Лабынкыр заслуживает особого внимания. Озеро имеет природную и куль-

турно-историческую ценность, включено в реестр особо охраняемых природных территорий. Информация, полученная в ходе комплексных ландшафтных исследований, универсальна и может быть использована при проведении экологического мониторинга с целью сохранения уникального оз. Лабынкыр в естественном состоянии.

Озеро Лабынкыр расположено в юго-восточной части республики Саха (Якутия) на юге Оймяконского плоскогорья. Эту тер-

риторию часто называют плато Сордоннох. Расположено между хребтами Сунтар-Хаята и Тас-Кыстабыт, в бассейне верхнего течения р. Индигирка. Озеро Лабынкыр имеет ледниково-тектоническое происхождение и расположено в одноименной впадине, глубина, по некоторым сведениям, достигает 78 м. Озеро проточное, из него впадает и затем вытекает река Лабынкыр, урез воды 1011 м. Впадина окружена низковвысотными увалами, имеющими среднюю высоту 200–300 м, переходящими на южной окраине озера в среднегорные массивы высотой до 1500–1600 м.

Ведущая роль в создании крупных морфоструктур принадлежит неотектоническим поднятиям, в связи с чем наибольшую площадь в районе исследования занимает выработанный рельеф, сформировавший горные массивы. Вторая генетическая категория – аккумулятивный рельеф – формируется в пределах долин и межгорных впадин. Во впадинах преобладает речная и озерно-речная аккумуляция, в горах и предгорьях – ледниковая [1].

На исследуемой территории существенное влияние на морфологию долин оказали два горно-долинных оледенения: юглерское и хетакагчанское [1]. Экзарационной деятельностью ледников образованы, в частности, днища и плечи троговых долин. Наиболее ярко это выражено в верхнем течении (до впадения в озеро) одноименной реки. Аккумуляционный рельеф сформирован в долинах рек и ручьев (аллювиальные отложения) и в самой Лабынкырской впадине, где преобладают моренные и водно-ледниковые отложения.

Ледниковые (морены), гравитационно-склоновые и разнообразные фации криолитогенных отложений сложены преимущественно сильнометаморфизованными кремнистыми алевритами и роговиками, реже – гранитоидами и метасоматитами. Устойчивость к истиранию широко развитых здесь кремнистых пород определила наличие в этом районе большого числа обработанных ледниками скальных морфоскульптур: коренные выходы днища долины; ригели; отполированные ледником и практически лишенные обломочного чехла борта долины (экзарационные полосы); пропиленные в коренных породах каналы ледникового стока [2]. В днищах котловин и долин накопилось достаточное количество валунно-галечного материала с суглинистым, супесчаным и песчаным заполнителем, в понижениях – суглинки, супеси, местами с торфяным покровом [3].

Повсеместно развита многолетняя мерзлота, что определяет наличие термокарстового рельефа, криогенно-эрозионных и солифлюкционных процессов.

В нижней части склонов преобладают ландшафты низкорослого лиственничного редколесья, сильно заболоченного; на южном склоне фрагментарно встречаются участки степных ландшафтов; выше 1200 м – ландшафты горной тундры. В пределах Лабынкырской впадины доминирующими типами являются мерзлотные торфяные, мерзлотные дерново-, перегнойно- и торфяно-глеевые почвы [4]. Особый колорит горам Северо-Востока придают заросли кедрового стланика и березы Миддендорфа в верхней части подгольцового пояса и особый комплекс горно-пойменной растительности с чозенией крупночешуйчатой, крупными ивами: аляскинской, Шверина, боганидской и колосниковыми лугами [4, 5]. С ландшафтной точки зрения это Сунтар-Хаятинская среднегорная провинция Северо-Востока Сибири физико-географической страны [6].

Цель исследования – проанализировать ландшафтную структуру окрестностей озера Лабынкыр с использованием многозональных снимков. Определить вегетационные индексы, их сочетание с цифровой моделью рельефа, крутизны склонов и других косвенных характеристик для наиболее достоверной визуализации выделов, полученных при полевых исследованиях.

Материалы и методы исследования

Для выявления пространственной структуры ландшафтов горных территорий окрестностей озера Лабынкыр на уровне типов местности, были проанализированы находящиеся в открытом доступе, снимки миссий Sentinel и Landsat, имеющие широкий спектральный диапазон и проведены полевые исследования на ключевых участках исследуемой территории.

Полевой метод исследования заключался в сборе полевых материалов и комплексном описании ключевых участков (рис. 1). Затем результаты полевых наблюдений распространялись на всю картографируемую территорию методами аналогов.

В дополнение к полевым методам исследований был сделан упор на использование данных дистанционного зондирования с разрешением 10–30 м. спутников Sentinel-2, с уровнем обработки 2B, загруженные с платформы Sci-Hub и Landsat-8 американского космического агентства, данные с обоих спутников датируются 20 июня 2023 г., что совпадает с датой полевых исследований.



Рис. 1. Полевые ландшафтные исследования, оз. Лабынкыр (фото автора)

Одним из способов выявления контуров ландшафтов является совокупное использование цифровой модели рельефа, карты крутизны склонов и вегетационных индексов – весь этот набор разносторонних данных широкого спектрального диапазона позволяет проводить картографирование в достаточно крупном масштабе. Методика основана на опыте исследования схожих по труднодоступности территорий [7, 8] и использует калькулятор растров ПО «QGIS» в совокупности с данными о крутизне склонов, полученных с помощью цифровой модели. Помимо этого авторами были применены вегетационные индексы NDVI, TVI, NRVI, MTVI2, MSAVI2.

NDVI (Нормализованный индекс разницы растительности) широко используется во многих работах [9–11], рассчитывает объем растительности путем количественного определения разницы между NIR (инфракрасным), который сильно отражается растительностью, и R (красным), который, напротив, поглощается растительностью, используя следующую формулу:

$$NDVI = \left(\frac{NIR - R}{NIR + R} \right). \quad (1)$$

NRVI (Нормализованное соотношение индекса растительности) – это нормали-

зованная версия RVI (2), (3), преимущество данного индекса заключается в сведении к минимуму влияния топографии, атмосферы и количества света. Подобно NDVI, высокие значения характерны для густой здоровой растительности, тогда как низкие – для почвы и льда, что особенно полезно в условиях сурового климата, когда даже в летнее время наблюдается лед в прибрежных участках.

$$RVI = \frac{R}{NIR}, \quad (2)$$

$$NRVI = \frac{(RVI - 1)}{(RVI + 1)}. \quad (3)$$

MSAVI2 (Модифицированный индекс растительности с коррекцией по почве – 2). Данный индекс (5) является модифицированной версией SAVI (4) и создан для минимизирования влияния яркости почвы с помощью коэффициента коррекции этой самой почвы. Выбран он был в связи с тем, что в горной и предгорной местности покров может быть разрежен и фактор почвы может оказывать помеху.

$$SAVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R - L)} \times (1 + L), \quad (4)$$

$$MSAVI2 = \frac{2 \times (NIR + 1) - (2 \times NIR + 1)^2 - 8 \times (NIR \times R)}{2}, \quad (5)$$

где $L = [0; 1]$, $L = 0$ для наибольшего индекса облиствения, $L = 1$ для наименьшего, оптимальное значение $L = 0.5$.

При его вычислении используется итеративный процесс, и 1-MSAVI(n-1) подставляется вместо фактора L в формулу подсчета MSAVI(n). Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$MSAVI(n-1) = MSAVI(n).$$

TVI (Трансформированный вегетационный индекс). Уменьшает почвенный шум, ценой уменьшения динамического диапазона индекса, он немного менее чувствителен к изменению растительного покрова, чем

NDVI, что в конечном итоге может быть лучше для картографических результатов. Получается данный индекс из квадратного корня от NDVI:

$$TVI = \sqrt{(NDVI + 0.5)}. \quad (6)$$

MTVI2 (Модифицированный треугольный индекс растительности – улучшенный) – комбинация спектральных полос, используемый для оценки индекса площади листа, по следующей формуле:

$$MTVI2 = \frac{1.5 \times (1.2 \times (NIR - Green) - 2.5 \times (Red - Green))}{\sqrt{((2 \times NIR + 1)^2 - (6 \times NIR - 5 \sqrt{Red}) - 0.5)}}. \quad (7)$$

Индекс MTVI2 очень чувствителен к изменениям структуры листьев и кроны, уменьшение значения индекса свидетельствует о меньшем соотношении площади листьев к площади земли, тогда как увеличение свидетельствует о разрастании кроны дерева [12].



Рис. 2. Цифровая модель рельефа
Источник: составлено авторами

Но для более высокого качества классификации также необходима обязательная поправка на рельеф и температуру поверхности. Для чего на основе термальных инфракрасных каналов спутника Landsat-8 создается карта приповерхностных температур как опора, так как температура – очень важный элемент режима растительных ассоциаций. Также в ходе работ на основе гидрологически скорректированной MERIT DEM [13]

была построена цифровая модель рельефа (рис. 2) и рассчитана крутизна склонов с помощью соответствующего инструмента, что является фундаментальным материалом для многих физико-географических исследований, так как зачастую рельеф местности является решающим фактором в установлении режима влажности и температуры и, следовательно, типов местности.

Следующим шагом было вычисление индекса различий увлажненности (NDMI) создание карты температуры земной поверхности. Стандартизованный индекс различий увлажненности (NDMI) чувствителен к уровню влажности в растительности, рассчитывается как соотношение между NIR и SWIR:

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR1}{NIR + SWIR1}, \quad (8)$$

где NIR – ближний инфракрасный, а SWIR – коротковолновый инфракрасный диапазоны.

Выбор представленных вегетационных индексов мотивирован целью исследования и общими географическими условиями региона. Исследование продемонстрировало применимость QGIS и IDRISI для мониторинга окружающей среды. В частности, была представлена визуализация различных индексов с помощью мультиспектральных снимков Sentinel-2. Спутниковые изображения, показывающие различные условия растительности (горная, покрытая льдом, песчаная и каменистая местность, леса, прибрежные районы), охватывающие окружающую территорию оз. Лабынкыр, были обработаны для тестирования пяти ВИ: NDVI, NRVI, TVI, MTVI и MSAVI2.

Эти индексы сравнивались на предмет изменений их чувствительности к условиям растительности.

В итоге было выбрано совместное использование индексов NDVI и MTVI2 в совокупности с картой крутизны склонов, индексом различий увлажненности и картой приповерхностных температур. Весь этот набор данных должен позволить совершить наиболее достоверное картирование типов ландшафтов окрестностей оз. Лабынкыр.

Результаты исследования и их обсуждение

В общей картине выходные данные индексов NDVI и NRVI весьма схожи ввиду схожести формул, но различия есть, и их можно объяснить контрастом между полосами R и NIR для растительности в обоих индексах (рис. 3), а именно тем, что канал, использующий NIR, больше зависит от структуры листа. NDVI – это самый доступный и универсальный индекс, который может быть использован практически при любых условиях. Полученные значения имеют диапазон от -1 до 0,64. Заснеженные территории и покрытые льдом водоемы имеют самые низкие значения, в то время как высокие значения указывают на густой полог. В случае NRVI высокие значения индекса вызваны сочетанием значений отражательной способности: низкий R (хлорофилл) и высокий NIR (структура листа).

Вегетационные индексы MSAVI2, TVI, MTVI2 также имеют свои особенности (рис. 4). Результаты расчетов MSAVI2 показыва-

ют набор данных в диапазоне от 0,49 до 1,36. Столь небольшой диапазон данных можно объяснить спецификой алгоритма: коэффициент корректировки почвы зависит от густоты растительности, следовательно, чем выше плотность, тем выше фактические значения. Преимущества данного индекса заключаются в более отчетливом выделении растительности в местах низкой плотности зеленого покрова, что особенно заметно в горных частях и при высокой крутизне склона. Результаты расчетов TVI показывают диапазон данных от 0,47 до 0,98, результаты крайне схожи с NDVI, но его отличие заключается в более детальном выделении вершин горных участков, что особенно заметно на юго-востоке исследуемой территории. Индекс MTVI2 оказался более информативным – он очень чувствителен к изменениям структуры листьев и кроны, как можно увидеть на моренных ландшафтах, индекс показывает относительно меньшие значения. Отсюда следует, что уменьшение значения индекса свидетельствует о меньшем соотношении площади листьев к площади земли, тогда как увеличение свидетельствует о разрастании кроны дерева. Так как индекс MTVI2 устойчив к влиянию почв и изменению концентрации фотосинтетических пигментов [14], места с низкими значениями (более белые) имеют низкое соотношение растительности к площади, места с высокими значениями (синие) – высокое соотношение растительности к площади, красный цвет означает крайне малое количество растительности или вовсе ее отсутствие.

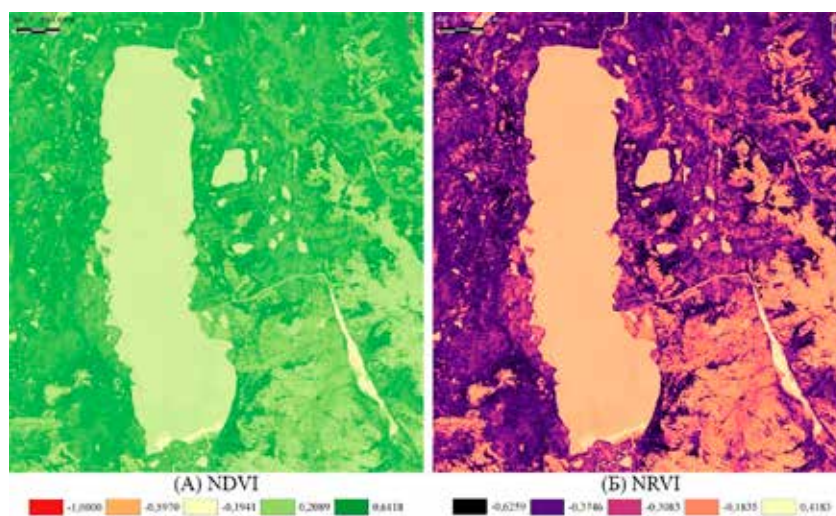


Рис. 3. Вегетационные индексы NDVI и NRVI
Источник: составлено авторами

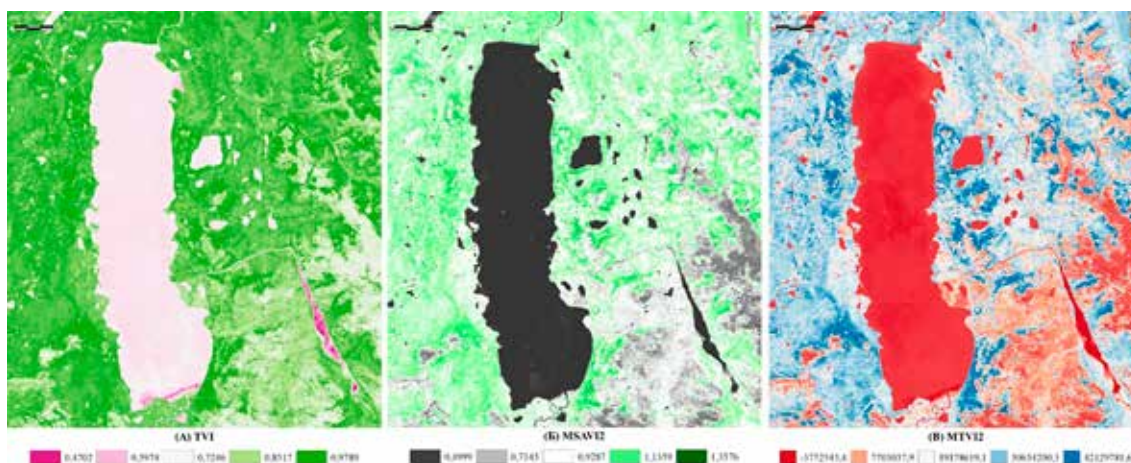


Рис. 4. Вегетационные индексы MSAVI2, TVI, MTVI2
 Источник: составлено авторами



Рис. 5. Типы местности района исследования

Условные обозначения типов местности:
 I – склоновый делювиально-солифлюкционный,
 II – склоновый делювиально-коллювиальный,
 III – моренный (предгорный моренный),
 IV – горно-долинный,
 V – ледниково-долинный,
 VI – водные объекты
 Источник: составлено авторами

В целом представленные вегетационные индексы продемонстрировали численную корреляцию с распределением и площадями растительности. Между ними наблюдались различия в отношении каменистых участков, лугов и отдельных лесных районов. Индексы NRVI и TVI имеют слишком мало отличий от универсального

NDVI, и их преимущества лежат в другой плоскости от целей исследования. Индексы MSAVI2 и MTVI2 показали определенный результат. MTVI2 дает возможность более детально определить контуры типов местности, MSAVI2, опираясь на цвет и влажность почв и грунтов, помогает оценить состояние растительности и сопоставить с полученными результатами при полевых исследованиях.

Проведение натурных обследований территории и изучение прибрежных территорий оз. Лабынкыр дистанционными методами позволило выявить закономерности пространственной дифференциации ландшафтов (рис. 5).

На исследуемой территории выражены 5 типов местности.

Моренный (предгорный моренный) тип местности занимает наибольшие территории на рассматриваемой территории. В основании лежат ледниковые отложения (г III) полупокровного оледенения. Представлены они в основном суглинками с глыбами, валунами и щебнем, песками с галькой, которые маломощным чехлом (до 20 м) покрывают водоразделы и пологие склоны бортов долин. На валунах и глыбах отчетливо видны следы ледниковой препарации. Нередко встречаются линзовидные прослойки дресвянисто-гравелистых песков. В рельефе занимают холмисто-увалистые поверхности подгорных ледниково-аккумулятивных шлейфов, распространены на древних денудационных поверхностях с абсолютными отметками 1500–2000 м и 900–1200 м. В нижних частях шлейфов преобладает валунно-галечный материал с суглинистым,

супесчаным и песчаным заполнителем, в понижениях – суглинки, супеси, местами с торфяным покровом [3].

Большей частью это слабовсхолмленные поверхности с озерами и котловинами, характерные для наиболее широко распространенных моренных отложений юглерского горно-долинного оледенения. Эти поверхности расчленены густой сетью мелких ложбин и промоин, образованных временными водотоками. Валы конечных и боковых морен этого оледенения подвергнуты значительной денудации. Менее распространен рельеф ледниковых образований хетакаганского оледенения, морены которого от юглерских отличаются лучшей сохранностью, большей всхолмленностью, хорошо сохранившимися формами валов конечных морен [1]. Размеры валов колеблются до 0,5×2 км, высота достигает 10–15 м. С внешней стороны они крутые и имеют прямой профиль, а с внутренней – выположенные, вогнутые. Валы боковых морен сохранились вдоль склонов. Наиболее крупные из них протягиваются на 1,5–2 км и имеют высоту до 5–7 м [1]. Нередко морены подпруживают озера. Вероятно, морена частично подпрудила и оз. Лабынкыр с северо-западной стороны его северной оконечности. Здесь ее мощность достигает 60 м.

Растительность в верхней части склонов представлена горными тундрами и кустарничково-зеленомошно-лишайниковыми зарослями на горнотундровых перегнойно-глеевых и глееватых почвах. На более низком уровне преобладают листовничные редколесья: на дренированных участках кустарничково-лишайниковые, в пониженных – ерниковые кустарничково-зеленомошные и сфагновые в сочетании с ерниками. Под ними сформировались мерзлотные северотаежные перегнойно-глеевые почвы в сочетании с торфянисто- и торфяно-болотными по понижениям.

Склоновый делювиально-солифлюкционный тип местности сформировался на подножьях увалов, окружающих озерную котловину, представляющих собой пологоволнистые склоны. Они заняты листовничными редколесьями ерниковыми бруснично-лишайниковыми в сочетании с кустарничково-лишайниково-зеленомошными зарослями на горных мерзлотных северотаежных типичных, местами оглеенных почвах на щебнистых супесях и суглинках. Также развиты холмисто-увалистые поверхности подгорных ледниково-аккумулятивных шлейфов.

Растительность представлена листовничными редколесьями, на возвышенных участках кустарничково-лишайниковыми, в пониженных – ерниковыми кустарничково-зеленомошными и сфагновыми в сочетании с ерниками. Под ними сформировались мерзлотные северотаежные перегнойно-глеевые в сочетании с торфянисто- и торфяно-болотными почвами.

Выше по склону развиты осыпные и солифлюкционные склоны крутизной 15–20° с листовничными редианами лишайниковыми, переходящими в заросли кедрового стланика, и горные тундры кустарничково-зеленомошно-лишайниковые. Почвы преимущественно горнотундровые перегнойно-глеевые и глееватые [4].

На склонах южной экспозиции фрагментарно встречаются остепненные участки. В их травостое преобладают злаки: типчак (*Festuca lenensis*), тонконог (*Koeleria gracilis*), овсец (*Helictotrichon krylovii*), мятлик (*Poa dahurica*), ковыли, осоки (*Carex duriuscula* и *C. korshinskyi*), кобрезия (*Kobresia filifolia*) и довольно богатое разнотравье из полыни (*Artemisia*), вероники (*Veronica*), прострела (*Pulsatilla*), лапчаток (*Potentilla*), зонтичных [4].

По своему облику степные участки области напоминают степи Центральной Якутии: в середине лета они также выгорают и приобретают безжизненный вид. По мнению ботаников, степные растения появились здесь в ксеротермический период и сохранились до настоящего времени благодаря условиям сухого и достаточно теплого лета. Интересно, что степные сообщества нередко встречаются в совершенно чуждой для них обстановке, например рядом с зарослями кедрового стланика или небольшого болотца, прикрепившегося на пологом склоне [4].

В засушливых условиях содержание влаги в почве является основным фактором, определяющим состав, строение и распределение луговых ценозов по элементам рельефа, а также и их продуктивность. Несмотря на небольшое количество осадков, здесь широко развиты заболоченные, избыточно увлажненные луга, что связано с плохим дренажем, развитием мохового покрова, а также с близким залеганием к поверхности водонепроницаемого мерзлого грунта [4, 15].

Склоновый делювиально-коллювиальный тип местности развит на среднегорных массивах в южной части котловины. Высоты здесь достигают до 1400–1600 м,

склоны преимущественно достаточно крутые (до 30–40°), выпуклые или прямые и покрыты крупноглыбовыми осыпями, расчленены V-образными распадками с крутым, нередко ступенчатым продольным профилем с глубоким эрозионным врезом, с водопадами высотой до первых метров. Местами встречаются отпрепарированные массивы интрузий, вершинные поверхности которых сглаженные, широкие, уплощенные. Они также покрыты крупноглыбовыми осыпями, в нижней трети залесены, осложнены мерзлотно-нивационными формами гольцовой планации – нагорными террасами и курумами и увенчаны, как и вершинные поверхности, денудационными останцами причудливых очертаний – киселяхами [1]. Эрозионная расчлененность умеренная.

Растительность представлена преимущественно зарослями кедрового стланика кустарничково-лишайниковыми и мертвопокровными; лишайниковыми и кустарничковыми горными тундрами. Под ними формируются подбуры тундровые оподзоленные, сильно-щебнистые смытые; местами горно-гольцовые. Материнскими породами служат глыбово-щебнистые отложения, местами с большим содержанием мелкозема. Распространены курумы, в затененных местах встречаются перелетовывающие снежники.

Ледниково-долинный тип местности занимает днища троговых долин. Является интразональным типом горно-тундрового ландшафта сплошного распространения многолетнемерзлых пород с подрусловыми таликами.

На рассматриваемой территории – это долина р. Лабынкыр до впадения ее в озеро, участки верхнего течения ручьев Лабынкырский и Загорный. Представляют собой типичные троговые долины с плоским или полого-вогнутым, достаточно широким днищем и крутыми вогнутыми в нижней части склонами. Следы ледниковой экзарации выражены бороздами, углублениями и пришлифовкой выступов пород [1].

Продольный профиль долин имеет ступенчатую форму, обусловленную чередованием переуглубленных участков – бассейнов выпахивания, которые служат ваннами озер или местами расширения долин с наледями [1].

Лабынкырская котловина представляет собой тектоническое образование, обработанное древними ледниками.

Поверхностные отложения представлены валунно-галечным материалом с сугли-

нистым, супесчаным и песчаным заполнителем, в понижениях – суглинки, супеси, местами с торфяным покровом [3]. Распространены мерзлотные пойменные торфянисто- и торфяно-болотные почвы. Растительность представлена заболоченными тундрами пушицево-моховыми кочкарными и ерниковыми, ерnikово-ивняковыми зеленомошными. На надпойменных террасах и останцах произрастают тополевики, непосредственно возле русел – заросли чозении. Места расширения долин, как правило, заняты наледями, растаивающими лишь к середине июля. Значительные площади заняты каменистыми галечниковыми россыпями.

Горно-долинный тип местности занимает днища морфологически выраженных горных рек и ручьев. Ширина долины зависит от их принадлежности различным морфоструктурам.

В верхних частях долины характеризуются глубоким врезом и отсутствием террасированности, их поперечный профиль V-образный. Продольный профиль вогнутый, нередко порожистый. Склоны крутые, осыпные или обрывистые. Современный аллювий плохо сортированный, преобладает глыбистая и крупновалунная структура. Почвы и растительный покров слабо развиты, характеризуются фрагментарностью распространения.

В средней и нижней частях долины расширяются, появляются поймы и одна-две террасы. Низкие поймы представляют собой галечниковые пляжи, практически лишены растительности и почв. Они постоянно подвергаются затоплению не только в период снеготаяния, но и при обильных дождях. Значительные площади заняты наледями. Средний и высокий уровни пойм заняты современным аллювием, представленным песчано-галечниковым материалом с валунами и гравием. Верхние горизонты разреза слагают супеси и суглинки, нередко перекрытые торфяными отложениями. Мощность аллювия изменяется от первых до нескольких десятков метров. В понижениях и тыловой части кос, в местах затишья вследствие накопления мелкозема формируются маломощные пойменные слоистые почвы, на которых поселяются различные виды ив, наиболее распространена чозения. Более повышенные участки занимают древовидные ивы, тополь и березы. На незатопляемых поверхностях террас и склонах долин, в зависимости от высоты, появляется типичная горно-таежная или горно-тун-

дровая растительность. На хорошо дренируемых участках, преимущественно южной экспозиции могут развиваться степные сообщества. Выположенные участки заняты заболоченными лугами или болотами.

Заключение

В результате ландшафтного анализа окрестностей оз. Лабынкыр было описано значительное количество локальных природно-территориальных комплексов и определены 5 типов местности: моренный (предгорный моренный), склоновый делювиально-солифлюкционный, склоновый делювиально-коллювиальный, ледниково-долинный и горно-долинный.

Совокупное использование цифровой модели рельефа, карты крутизны склонов и расчет вегетационных индексов позволили выявить закономерности пространственной дифференциации ландшафтов.

Методика выявления территориальной организации ландшафтной структуры окрестностей оз. Лабынкыр может быть использована при ландшафтных исследованиях труднодоступных территорий.

Список литературы

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-54 – Оймякон. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. С. 400.
2. Галанин А.А., Лыткин В.М., Шишков В.А. Использование лихенометрии и теста остаточной прочности для оценки возраста голоценовых морен в горах Сунтар-Хаята // Лед и снег. 2014. № 2 (126). С. 102–112. DOI: 10.15356/2076-6734-2014-2-102-112.
3. Ноговицын Д.Д., Шенна З.М., Сергеева Л.П. О возможности использования гидроэнергии малых рек Якутии // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 221–225.
4. Винокуров А.А. Антропогенное воздействие на почвы пастбищ Оймяконского нагорья северо-востока Якутии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Якутск, 2012. 23 с.
5. Перфильева В.И. Основные черты растительности горной части бассейна реки Яны // Теоретические и прикладные проблемы биологии на Северо-Востоке СССР. 1977. С. 85–94.
6. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1500000 / Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф., Макаров В.С. и др.; гл. ред. М.Н. Железняк. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2018. 2 л.
7. Захаров М.И., Данилов Ю.Г., Гадаль С., Троева Е.И., Черосов М.М. Анализ ландшафтной структуры восточного склона хребта Орулган // Успехи современного естествознания. 2022. № 3. С. 49–55. DOI: 10.17513/use.37791.
8. Lemenkova P. Hyperspectral Vegetation Indices Calculated by Qgis Using Landsat Tm Image: a Case Study of Northern Iceland // Advanced Research in Life Sciences. 2020. Vol. 4. P. 70–78. DOI: 10.2478/arls-2020-0021.
9. Чульдун А.Ф. Получение вегетационных индексов Тувы на платформе Google Earth Engine // Природные ресурсы, среда и общество. 2021. № 4. С. 51–58. DOI: 10.24412/2658-4441-2021-4-51-58.
10. Фан Т.К., Нгуен Ч.Т., Алексеев А.С., Любимов А.В., Сергеева В.Л., Черниховский Д.М. Применение дистанционных методов и ГИС-технологий для классификации земель Пушкинского района Санкт-Петербурга // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. № 235. С. 84–102. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.84-102.
11. Братков В.В., Кравченко И.В., Туаев Г.А., Атаев З.В., Абдулжалимов А.А. Применение вегетационных индексов для картографирования ландшафтов Большого Кавказа // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2016. № 4. С. 97–111.
12. Haboudane D., Miller J., Pattey E., Zarco-Tejada, P., Strachan I. Hyperspectral Vegetation Indices and Novel Algorithms for Predicting Green LAI of Crop Canopies: Modeling and Validation in the Context of Precision Agriculture // Remote Sensing of Environment. 2004. Vol. 90. P. 337–352. DOI: 10.1016/j.rse.2003.12.013.
13. Yamazaki D., Ikeshima D., Tawatari R., Yamaguchi T., O’Loughlin F., Neal J.C., Sampson C.C., Kanae S., Bates P.D. A high accuracy map of global terrain elevations // Geophysical Research Letters. 2017. Vol. 44, Is. 11. P. 5844–5853. DOI: 10.1002/2017GL072874.
14. Lemenkova P. Detection of Vegetation Coverage in Urban Agglomeration of Brussels by NDVI Indicator Using eCognition Software and Remote Sensing Measurements // Proceedings of 3rd Int’l Conference ‘GIS and Remote Sensing. GIS Day’. Environmental Research and GIS Centre. Ed. H. Manandyan. Tsaghkadzor, Armenia: Print Way. 2014. P. 112–119. DOI: 10.6084/m9.figshare.7434215.
15. Перфильева В.И., Галактионова Т.Ф. Динамика урожайности тебеновочных пастбищ бассейна реки Сартанг // Почвенные и ботанические исследования в Якутии. 1972. С. 121–127.

УДК 911.9
DOI

О КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ К ФОРМИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ И КУЛЬТУРЫ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Тарасова О.С., Дудина Т.Н.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления», Новосибирск, e-mail: tosgео@bk.ru

В статье представлен анализ федерального и регионального нормативного регулирования системы экологического образования и просвещения как процесса формирования экологической культуры. Рассмотрены особенности регулирования сферы экологического образования и просвещения на региональном уровне, а также проведено ранжирование субъектов РФ по видам регионального законодательства в регулируемой сфере. Рассмотрены ограничения регионального регулирования сферы экологического образования на дошкольном, школьном и послешкольном уровнях образования. Предложено в регионах в большей степени ориентироваться на реализацию работы по экологическому просвещению. На основе опроса жителей Новосибирской области проиллюстрирован низкий уровень экологической осведомленности граждан при одновременно высокой актуальности экологической проблематики. Обоснована необходимость разработки и принятия в дополнение к региональным законам региональных программ по экологическому просвещению в целях реализации положений действующего законодательства и формирования положительной правоприменительной практики. Программы необходимо формировать на основе проектного подхода с четким определением цели, задач, планируемых результатов программы, сроков реализации, основных исполнителей, источников финансирования, критериев оценки достижения промежуточных и окончательных результатов программы. Определены основные содержательные элементы программ, предложен алгоритм составления программ и структура. Предложено в качестве субъектов экологического просвещения привлекать организации, позиционирующие себя как корпоративных экологических волонтеров, в целях большего включения в процессы экологического просвещения экономически активных слоев населения РФ.

Ключевые слова: экологическое просвещение, экологическое образование, экологическая осведомленность, экологическое законодательство

ON AN INTEGRATED APPROACH TO THE FORMATION OF ENVIRONMENTAL LITERACY AND CULTURE IN THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Tarasova O.S., Dudina T.N.

Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, e-mail: tosgео@bk.ru

The article presents an analysis of the federal and regional regulatory regulation of environmental education and enlightenment as a process of formation of environmental culture. The features of regulation of the sphere of environmental education and enlightenment at the regional level are considered, as well as the ranking of the subjects of the Russian Federation by types of regional legislation in the regulated area. The limitations of regional regulation of environmental education at the preschool, school and post-secondary levels of education are considered. It is proposed to focus more on the implementation of environmental education in the regions. Based on a survey of the opinion of residents of the Novosibirsk region, the low level of environmental awareness of citizens is illustrated, while at the same time the high relevance of environmental issues. The necessity of developing and adopting regional environmental education programs in addition to regional laws in order to implement the provisions of current legislation and the formation of positive law enforcement practice is substantiated. Programs should be formed on the basis of a project approach with a clear definition of the purpose, objectives, planned results of the program, deadlines for implementation, main performers, sources of funding, criteria for evaluating the achievement of intermediate and final results of the program. The main content elements of the programs are defined, the algorithm of programming and the structure are proposed. It is proposed to involve organizations that position themselves as corporate environmental volunteers as subjects of environmental education in order to better include.

Keywords: environmental education, environmental education, environmental awareness, environmental legislation

Вопросы системной организации экологического образования, просвещения и формирования экологической культуры в Российской Федерации до настоящего времени остаются проблемными. Более чем 20-летний период нормативного регулирования экологического образования и просвещения имеет положительную динамику, но не носит комплексного, системного характера. Отсутствие

экологической культуры у широких слоев населения препятствует реализации должной государственной экологической политики, снижает ее результативность и эффективность.

Цель исследования – оценить особенности реализации экологического образования, просвещения и формирования экологической культуры на федеральном и региональном уровнях.

Задачи:

– проанализировать основные аспекты правового регулирования формирования экологической культуры на федеральном и региональном уровне;

– предложить меры по системному формированию правоприменительной практики регионального законодательства в сфере экологического образования и просвещения.

Материалы и методы исследования

Экологическое образование, формирующее экологическую грамотность, а в пределе – экологическую культуру, направлено на развитие экологически ответственного поведения, включающего не только знания по принципу «знаю что», но и инструментальные навыки по принципу «знаю и умею как».

В процессе экологического образования необходимо обеспечить последовательное углубление знаний и приобретение практических навыков экологически ответственного поведения. В то же время экологическое образование носит междисциплинарный, конвергентный характер, так как экология как наука находится на стыке естественных и общественных наук, а экологическое образование требует системного исследования разных аспектов взаимодействия общества и природы, а экологические знания – аналог современной грамотности – нужны всем без исключения [1, с. 45; 2, с. 20].

Основы обеспечения государственной политики в области охраны окружающей среды и создания условий для развития системы экологического образования и формирования экологической культуры у граждан РФ заложены в Конституции РФ [3, ст. 114, п. 1в, 1е] и отнесены к компетенции Правительства РФ.

В Стратегии национальной безопасности Российской Федерации экологическая безопасность и рациональное природопользование относятся к национальным приоритетам обеспечения защиты национальных интересов Российской Федерации [4, пп. 7 п. 26]. Реализация государственной политики в этом направлении должна основываться на «решении задач повышения уровня экологического образования и экологической культуры граждан» [4, пп. 17 п. 83].

В Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. подчеркивается, «что низкий уровень экологического образования и экологической культуры населения является внутренним вызовом экологической безопас-

ности страны, ответом на который должна стать система экологического образования и просвещения, повышения квалификации кадров в области обеспечения экологической безопасности» [5, пп. Н п. 20].

Достижение стратегических целей государственной политики в сфере экологического развития в соответствии с Основами государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г. «может быть обеспечено решением задач по формированию экологической культуры, развитию экологического образования и воспитания» [6, пп. Л п. 9].

Экологической доктриной Российской Федерации [7] в 2000 г. определены задачи экологического образования и просвещения и необходимые условия их достижения, но общая концепция экологического образования до настоящего времени все еще находится в стадии разработки [8, с. 152].

Правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач при условии сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов, регулируются Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [9] и направлены на обеспечение экологической безопасности. В ст. 3 закона подчеркивается, что «организация и развитие системы экологического образования, воспитания и формирования экологической культуры – основополагающее условия обеспечения охраны окружающей среды» [9].

Существенным пробелом российского федерального законодательства является отсутствие понятийного аппарата. Термины «экологическая культура», «экологическое образование», «экологическая грамотность», «экологическое просвещение» не определены и имеют разную трактовку в разных нормативных документах.

Часть 1 ст. 74 ФЗ «Об охране окружающей среды» к целям экологического просвещения относит формирование экологической культуры в обществе, воспитание бережного отношения к природе, рационального использования природных ресурсов [9]. Цели могут быть достигнуты посредством распространения экологических знаний об экологической безопасности, информации о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов. В то же время в части 2 ст. 74 экологическое просвещение включает в себя информиро-

вание населения о законодательстве в области охраны окружающей среды и в области экологической безопасности. Статья 71 этого же закона устанавливает, что «в целях формирования экологической культуры и профессиональной подготовки специалистов в области охраны окружающей среды устанавливается система всеобщего и комплексного экологического образования, включающая в себя общее образование, среднее профессиональное образование, высшее образование и дополнительное профессиональное образование специалистов, а также распространение экологических знаний, в том числе через средства массовой информации, музеи, библиотеки, учреждения культуры, природоохранные учреждения, организации спорта и туризма» [9]. Таким образом, даже в рамках одного нормативного акта отсутствует единый терминологический аппарат, что усложняет

понимание и практическую реализацию положений закона в этой части.

Современная Концепция экологического образования в системе общего образования была разработана в 2017 г., в 2022 г. вышла ее новая редакция [10], однако вопрос внедрения концепции остается пока открытым.

Приходится констатировать, что до настоящего времени существенных изменений в процессе формирования экологической грамотности не наблюдается, а большая часть взрослого населения весьма далека от «экологических вопросов».

В то же время Российская Федерация предпринимает инициативы по достижению целей устойчивого развития, которые невозможно реализовать в отсутствие элементарных экологических знаний и навыков у широких слоев населения. В этом ключе экологическое образование носит мировоззренческий характер [11, с. 60].

Таблица 1

Разработка нормативных документов в субъектах РФ

Наличие или отсутствие региональных законов по экологическому образованию...	Перечень субъектов РФ
Приняты региональные законы по экологическому образованию, просвещению и формированию экологической культуры	Республика Саха (Якутия), Республика Башкортостан, Алтайский край, Краснодарский край, Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Архангельская область, Республика Бурятия, Владимирская область, Волгоградская область, Вологодская область, Воронежская область, Иркутская область, Калининградская область, Республика Алтай, Камчатский край, Кемеровская область, Костромская область, Курганская область, Ленинградская область, Республика Дагестан, Новгородская область, Оренбургская область, Орловская область, Самарская область, Саратовская область, Сахалинская область, Тверская область, Кабардино-Балкарская Республика, Томская область, Тюменская область, Ульяновская область, Забайкальский край, Ярославская область, город федерального значения Санкт-Петербург, Еврейская автономная область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
Приняты региональные законы, содержащие разделы экологического образования и просвещения	Республика Тыва, Республика Хакасия, Чеченская Республика, Чувашская Республика, Красноярский край, Калужская область, Кировская область, Нижегородская область, Рязанская область, Тамбовская область
Разработаны региональные концепции или программы	Республика Коми, Республика Татарстан, Мурманская область, Омская область, Псковская область, Челябинская область
Отсутствуют самостоятельные региональные законы	Республика Адыгея (Адыгея), Республика Карелия, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Северная Осетия – Алания, Удмуртская Республика, Ставропольский край, Астраханская область, Белгородская область, Брянская область, Ивановская область, Курская область, Липецкая область, Магаданская область, Московская область, Новосибирская область, Пензенская область, Пермский край, Республика Ингушетия, Ростовская область, Свердловская область, Смоленская область, Тульская область, город федерального значения Москва, Республика Калмыкия, Ненецкий автономный округ, Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Карачаево-Черкесская Республика, Запорожская область, Республика Крым, город федерального значения Севастополь, Донецкая Народная Республика, Луганская Народная Республика, Херсонская область

Одним из направлений решения сложного вопроса организации системного формирования экологической культуры могут и должны стать региональные, в том числе законодательные, направления деятельности. Субъекты Российской Федерации формируют политику в сфере экологического образования и просвещения.

Анализ открытых данных показал, что из 89 субъектов РФ и федеральных городов:

- в 37 субъектах (табл. 1) приняты региональные законы об экологическом образовании, просвещении и формировании экологической культуры или законы, содержащие элементы экологического просвещения и образования;

- в 10 субъектах приняты региональные законы об охране окружающей среды и экологической безопасности, содержащие разделы по экологическому воспитанию, образованию и просвещению;

- в 6 субъектах приняты концепции или программы экологического образования и просвещения;

- в 35 субъектах пока отсутствуют самостоятельные региональные законы и программы в сфере экологического просвещения и образования.

Необходимо отметить также, что при отсутствии самостоятельных нормативных актов в рассматриваемой сфере регулирования, отдельные вопросы экологического образования и просвещения могут быть включены в стратегические документы социально-экономического развития субъектов РФ.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ действующих законопроектов показывает, что если в определении понятия экологическое образование еще присутствует некое единое понимание – как непрерывного процесса обучения, накопления опыта, самообразования, воспитания и развития личности, получение специальных знаний и приобретение опыта по охране окружающей среды, природопользованию и экологической безопасности, то в определениях экологического просвещения, экологической культуры и экологического воспитания единства нет. Отдельные законы раскрывают только понятия экологического образования, просвещения и культуры, некоторые нормативные документы дополнены понятием экологическое воспитание. Эти факты свидетельствуют об отсутствии единого понятийного аппарата не только на федеральном, но и на региональном

уровнях. Сами нормативные документы носят в большинстве своем рамочный характер, в общих чертах определяют полномочия субъектов, включенных в процессы экологического образования, просвещения, воспитания и формирования экологической культуры, права граждан и общественных объединений в регулируемой сфере, меры поддержки в реализации этой деятельности.

По сути, указанные нормативные документы конкретизируют основные положения осуществления в регионе деятельности по экологическому образованию и просвещению. Но, с учетом особенностей разработки и принятия региональных законов, можно с уверенностью утверждать, что никаких новых положений, не включенных в федеральное законодательство, эти документы содержать не могут, также эти документы не должны содержать и противоречащих федеральным законодательным актам формулировок.

Еще одним проблемным моментом регионального регулирования является процесс организации системы экологического образования. Экологическое образование на дошкольном, школьном и послешкольном уровнях регламентируется федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС), которые косвенно наполнены «экологическим содержанием» [12]. Возможности регионального регулирования образовательного процесса ограничиваются ФГОС и по большому счету могут быть реализованы во внеурочной деятельности школ, а также в вариативных частях учебных планов колледжей и вузов, однако последние, как правило, являются федеральными, и регионы существенно на их образовательную политику повлиять не могут.

Вопросы экологического просвещения однозначно можно отнести к компетенции региональных властей, и в этой части формирования экологической культуры у регионов имеется свобода волеизъявления. Способствовать этому процессу могут разработанные Министерством просвещения РФ методические рекомендации [13].

Для получения реальных результатов в направлении формирования экологической культуры у граждан РФ недостаточно создать качественную нормативную базу, требуется еще и формирование правоприменительной практики. Основой системного формирования такой практики могут стать комплексные региональные программы по экологическому просвещению в рамках самостоятельных нормативных документов,

а при отсутствии последних – системные перечни мероприятий, включенные в действующие программы регионального уровня. Региональные законы, сопровождаемые программными документами, позволят создать нормативно-правовую базу формирования в пределе экологической культуры.

Для этого, основываясь на проектном подходе, необходимо:

- определить краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные цели реализации программных мероприятий;
- разработать и утвердить дорожную карту (план-график);
- определить критерии достижения целей на каждом временном этапе планирования;
- определить ресурсы (финансовые, материальные, информационные);
- определить конкретных исполнителей и формы межведомственного взаимодействия.

Сформированная по проектному принципу региональная программа должна носить комплексный и системный характер, охватывать все слои населения. Системный процесс экологического образования и просвещения должен осуществляться на всех образовательных уровнях, от дошкольного до вузовского, включая системы дополнительного образования, это подтверждается и современными исследованиями [14, с. 5; 15, с. 8]. С учетом того, что стандарты всех образовательных программ разрабатываются на федеральном уровне, регионы должны иметь централизованно разработанную учебно-методическую базу, предусматривающую введение дисциплин экологической, природопользовательской и природоохранной тематики в обязательные части образовательных программ. В процесс экологического образования должны быть вовлечены все слои населения через систему дополнительного образования, профессиональную переподготовку, краткосрочные и среднесрочные курсы повышения квалификации экологической тематики.

Комплексность может быть реализована через организацию сочетания мероприятий не только для детей, но и для взрослых всех возрастов. Особое значение имеет вовлеченность в этот процесс экономически активной части граждан.

Экологическая повестка в экономических процессах становится все более востребованной с учетом переориентации на парадигму устойчивого развития и формирования новой отрасли – экономики замкнутого цикла. Потребность в специалистах, имеющих сформированные «зеленые» навыки

(green skills), в ближайшие годы будет только нарастать, а в настоящее время мы констатируем не только недостаточную экологическую подготовку руководителей предприятий природопользования [16], но и в целом чрезвычайно низкий уровень экологической осведомленности взрослого населения.

Это подтверждает и проведенный нами опрос «Об уровне экологической осведомленности граждан». В опросе приняли участие 750 жителей г. Новосибирска и Новосибирской области. При том, что большая часть опрошенных на вопрос, актуальна ли для них тема состояния окружающей среды и охраны природы, ответили утвердительно (87,4%), а 96,4% отмечают важность экологического образования, только 43,5% опрошенных участвовали в мероприятиях по охране окружающей среды, 21,5% знают о региональных инициативах по охране окружающей среды, 31% опрошенных участвует в сортировке ТКО.

Повышению уровня экологической осведомленности и формированию элементов экологической культуры могут и должны способствовать следующие элементы региональной программы:

- различные курсы обучения, повышения квалификации и переподготовки для взрослых по тематике рационального природопользования и охраны природы, устойчивого развития, экономики замкнутого цикла;
- организация публичных мест для дискуссий по проблемам состояния окружающей среды, рационального природопользования и охраны природы;
- проведение системной информационной кампании в средствах массовой информации по экологической проблематике и пропаганде экологически ответственных моделей поведения, в том числе с использованием социальной рекламы;
- организация деятельности пилотных площадок, поддерживающих и формирующих интерес к ценностям экологической культуры для граждан всех возрастов;
- обеспечение функционирования «экологической» инфраструктуры (организация мест раздельного сбора ТКО, парковок для личного транспорта для последующего использования общественного электротранспорта, перепланировки территории для снижения риска подтоплений; развитие водно-зеленых каркасов в населенных пунктах и т.п.).

Основные составляющие структуры региональной программы представлены в табл. 2.

Важную роль в повышении экологической осведомленности граждан играет

корпоративное волонтерство. Корпоративное экологическое волонтерство – вид добровольной деятельности компаний, поддерживающих экологическую повестку. Сотрудники таких компаний участвуют в экологических и социальных инициативах, предоставляя свое время, энергию и навыки для улучшения экологической обстановки и общественной пользы.

Корпоративное волонтерство представляет собой взаимовыгодное сотрудничество в системе сотрудник – компания – общество. Сотрудники компании, вовлеченные к экологическое волонтерство, повышают уровень своей экологической грамотности, испытывают чувство сопричастности общему делу, устанавливают новые контакты и расширяют свои профессиональные связи

в процессе участия в экологических акциях и мероприятиях, становятся «агентами» распространения экологических ценностей в обществе.

Корпоративное волонтерство не только позволяет компаниям реализовать социальную и экологическую ответственность, но и способствует сближению сотрудников, их объединению на основе принятия экологических ценностей, что напрямую влияет на повышение производительности труда и повышение общей результативности деятельности. В настоящее время все больше компаний вовлекается в эти процессы, более того – их деятельность координируется организованным ими Национальным советом корпоративного волонтерства, в который включены 50 крупнейших компаний.

Таблица 2

Составляющие структуры региональной программы по экологическому просвещению

Раздел программы	Содержание и наполнение разделов программы
Цели и задачи	Должны включать в себя повышение осведомленности об экологических проблемах, содействие устойчивому использованию природных ресурсов, снижение воздействия человеческой деятельности на окружающую среду, формирование устойчивых навыков экологически ответственного поведения
Анализ ситуации	Анализ текущей экологической ситуации в регионе, основные проблемы и вызовы, потенциальные ресурсы и возможности, исследование уровня экологической грамотности населения региона
Инициатор	Региональные органы исполнительной власти, общественные организации, образовательные организации, иные заинтересованные лица
Целевая аудитория	Граждане всех возрастных категорий субъекта РФ
Субъекты – участники программы	Региональные органы исполнительной власти, образовательные учреждения всех уровней, общественные организации, корпоративные волонтеры, иные заинтересованные юридические и физические лица. Возможные варианты партнерства и сотрудничества
Требуемые ресурсы	Финансовые, трудовые (специалисты разных уровней подготовки в сфере экологического образования, просвещения, воспитания), помещения и общественные пространства для проведения мероприятий, мультимедийное оборудование, источники и площадки для размещения социальной рекламы, ресурсы СМИ, инфраструктура, партнерские взаимоотношения
Источники финансирования	Бюджет субъекта РФ, государственные программы, гранты, премии частное финансирование
Методы и технологии	Использование современных методов обучения и технологий для привлечения внимания учащихся. Интеграция интерактивных методов, виртуальной реальности и других современных образовательных подходов
Информационная поддержка	План проведения информационных кампаний в сфере экологического просвещения, формирования экологически ответственных моделей поведения. Создание информационных материалов, брошюр, видеоматериалов, социальной рекламы для широких слоев населения
Обеспечение доступности	Как сама программа, так и составляющие ее образовательные, информационные и иные ресурсы должны быть доступны для всех заинтересованных лиц, всех слоев населения и возрастных групп
Возможные критерии оценки результатов	Уровень осведомленности, изменение моделей поведения, количество проведенных профориентационных мероприятий согласно плану, количество человек по отдельным категориям населения, вовлеченных в процессы экологического образования и просвещения, вовлеченность населения в раздельный сбор ТКО в % от всего населения, объем раздельно собранных ТКО, объем финансирования по программе и по отдельным ее направлениям, уровень удовлетворенности от результатов программы, снижение уровня загрязнения окружающей среды, оценка экономического воздействия программы. Мониторинг и оценка результатов в динамике

Вовлечение в планы мероприятий региональной программы субъектов корпоративного волонтерства обеспечит расширенное вовлечение граждан в процессы формирования экологической грамотности и экологической культуры на региональном уровне.

Важность и значимость экологического образования, просвещения и формирования экологической культуры в целях обеспечения экологической безопасности не вызывают сомнения и закреплены в стратегических нормативных актах Российской Федерации. Однако, несмотря на закрепление этих положений в федеральном законодательстве, реальный уровень экологической осведомленности граждан все еще недостаточен для достижения стратегических государственных целей и устойчивого развития. Формирующееся в настоящее время региональное законодательство в сфере регулирования вопросов экологического образования и просвещения имеет разрозненный понятийный аппарат, практика правоприменения складывается несистемно, только в единичных субъектах сформированы и работают региональные программы по экологическому просвещению, образованию и формированию экологической культуры.

Использование проектного подхода при разработке региональных программ обеспечит положительную правоприменительную практику, формирование навыков экологически ответственного поведения и экологической грамотности у широких слоев населения, ранее не вовлеченных в экологическую повестку.

Заключение

Экологическое образование, просвещение и формирование экологической культуры у граждан РФ осуществляется в рамках и федерального, и регионального регулирования, однако в настоящее время все еще отсутствует комплексная работа в этом направлении. Положительные результаты в формировании экологической осведомленности и навыков экологически ответственного поведения возможны при условии федеральной и региональной поддержки в системе долгосрочных целевых программ, основанных на проектном подходе. Целевые программы должны быть подкреплены не только нормативными актами, но и финансированием, содержать конкретные целевые результаты и сроки исполнения.

Список литературы

1. Моисеев Н.Н. Судьба цивилизации. Путь разума. М.: Языки русской культуры, 2000. 224 с.
2. Теплов Д.Л. Сущность и условия организации экологизации общего образования // Вестник ПСТГУ. Серия IV: Педагогика. Психология. 2019. Вып. 53. С. 20–27.
3. Конституция РФ. Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 года [Электронный ресурс]. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102027595> (дата обращения: 04.11.2023).
4. Указ Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 года № 400 «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046> (дата обращения: 08.11.2023).
5. Указ Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 года № 176 «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879> (дата обращения: 14.10.2023).
6. Указ Президента РФ от 30.04.2012 г. «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902369004> (дата обращения: 12.11.2023).
7. Экологическая доктрина Российской Федерации (одобрена распоряжением Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 1225-р) [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=61782> (дата обращения: 04.12.2023).
8. Дзятковская Е.Н., Длимбетова Г.К., Захлебный А.Н. Ключевые вопросы подготовки концепций экологического образования // Ценности и смыслы. 2020. № 4 (68). С. 141–155.
9. Федеральный закон от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 17.09.2023).
10. Дзятковская Е.Н. Новая концепция экологического образования: эволюция ключевых понятий // Ценности и смыслы. 2022. № 5 (81). С. 112–125.
11. Горбунова С.В. Образование для устойчивого развития: принципы, технологии, практики // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 4. С. 60–63.
12. Колесова Е.В. Экологическая составляющая федеральных государственных стандартов и приоритеты развития современного мира // Гуманитарные и естественнонаучные факторы решения экологических проблем и устойчивого развития. Новомосковск, 2018. Ч. 1. С. 80.
13. Захлебный А.Н., Шмелькова Л.В., Дзятковская Е.Н. Методические материалы для органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющих управление в сфере образования «Непрерывность и последовательность формирования экологической культуры обучающихся общеобразовательных организаций» / Под ред. А.Н. Захлебного. М.: ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2022. 60 с.
14. Захлебный А.Н. Концепция общего экологического образования в интересах устойчивого развития // Экологическое образование: до школы, в школе, вне школы. 2012. № 2. С. 4–15.
15. Концепция экологического образования / Под ред. И.Д. Зверева, И.Т. Суравегиной. М., 1996. 48 с.
16. Дудина Т.Н., Тарасова О.С. Экологическое образование в контексте устойчивого развития и рационального природопользования // Успехи современного естествознания. 2022. № 4. С. 54–60.

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ПАВОДКОВОГО РЕЖИМА РЕКИ НАЛЬЧИК КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Чигирова Л.Б.

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, e-mail: Leilyach@yandex.ru

В последние десятилетия мониторинг паводкового режима р. Нальчик и ее основных притоков становится все более актуальным. Река Нальчик не является селеносным водотоком, однако по ее притокам, р. Белая, Нешбурка и Бешенка, периодически сходят наносоводные селевые потоки, которые выносят в русло р. Нальчик большое количество грунтово-каменного материала с включениями карчей и стволов деревьев. В связи с быстрым развитием туристическо-рекреационной отрасли в Кабардино-Балкарской Республике возникла необходимость проведения защитных мероприятий, направленных на безопасное использование прибрежной полосы для местных жителей и отдыхающих. Цель работы – изучение динамики развития паводкового режима р. Нальчик, для определения масштабов распространения паводков, нанесенного ущерба инфраструктуре и зонам отдыха, расположенным в прибрежной зоне реки. Определение возможного ущерба при прохождении паводка 1% обеспеченности для проведения защитных мероприятий. Исследование было проведено на основе изучения архивных данных о прошедших паводках с 1947 по 2023 г. в бассейне р. Нальчик и ее притоках р. Белая, Нешбурка и Бешенка, а также на основе анализа материалов, полученных при натурных обследованиях (май – июнь 2023 г.). В работе приводятся климатические характеристики и гидрографические особенности р. Нальчик, а также данные о выдающихся паводках с 1947 по 2023 г. В результате натурных обследований даны характеристики паводков, прошедших в мае 2023 г. На основе изученных материалов и результатов натурного обследования составлена таблица с датами схода выдающихся паводков по р. Нальчик и расходами воды за период с 1947 по 2023 г. Определен возможный ущерб при условии прохождения паводка 1% обеспеченности.

Ключевые слова: паводки, расход воды, река Нальчик, гидрологический пост, водно-грязевая масса, наносоводные селевые потоки

DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF THE FLOOD REGIME OF THE NALCHIK RIVER KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC

Chigirova L.B.

High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, e-mail: Leilyach@yandex.ru

The research is motivated by the need to monitor the flood regime of the Nalchik River and its main tributaries, the Belaya, Neshburka and Beshenka rivers. The Nalchik River is not a selenous watercourse, however, debris flows periodically occur along its tributaries, the Belaya, Neshburka and Beshenka rivers, which carry a large amount of soil and rock material with inclusions of boulders and tree trunks into the Nalchik River channel. Due to the rapid development of the tourism and recreation industry in the Kabardino-Balkarian Republic, there is a need to implement protective measures aimed at safe use of the coastal zone for local residents and tourists. The aim of the study is to dynamics of development the flood regime of the Nalchik River to determine the scale of the damage caused to infrastructure and recreation areas located coastal zone, and to determine the possible damage in the event of a 1% flood for the implementation of protective measures. The study based on the analysis of materials obtained during field surveys, as well as archival data on floods from 1947 to 2023 in the Nalchik River basin and its tributaries, the Belaya, Neshburka and Beshenka rivers. The work provides climatic characteristics and hydrographic features of the Nalchik River and its tributaries, the Belaya, Neshburka and Beshenka rivers. Data on floods in the Nalchik River from 1947 to 2023 are presented, as well as the results of field surveys of the territory after the floods occurred in May 2023. Based on the materials studied and the results of field surveys, a table was compiled with the dates of flood occurrence in the Nalchik River, water discharge from 1947 to 2023. The possible damage was determined in the event of a 1% flood.

Keywords: flood, duty of water, Nalchik River, stream gauge, water-mud flow, debris

Паводок – быстрый, сравнительно кратковременный подъем уровня воды в реке, возникающий в результате обильных дождей, интенсивного таяния снега и льда, реже – в результате прорыва грунтовых и ледяных плотин. Половодье – ежегодно повторяющееся, обычно в один и тот же сезон года, относительно длительное и значительное увеличение водности реки, вызывающее подъем ее уровня [1, с. 30].

В последние десятилетия глобальное потепление климата создает благоприятные

условия для формирования интенсивных осадков и ливней, что приводит к увеличению интенсивности схода паводков и селевых потоков. Паводки и сели, связанные с обильными осадками, ежегодно отмечаются во многих регионах Северного Кавказа. Наибольшее количество гидрологических ЧС происходит в Карачаево-Черкесской Республике (23,9% от всех ЧС в регионе, обусловленных наводнениями), Кабардино-Балкарской Республике (21,7%) и Республике Дагестан (17,4%) [2].

Равнинные районы Кабардино-Балкарской Республики входят в зону, где наводнения могут быть вызваны как паводками местного происхождения (бурное таяние снега, проливные дожди), так и паводками, сформировавшимися в зоне гор и предгорий. Значительный ущерб при этом наносится населенным пунктам и сельскохозяйственным угодьям и объектам. В эту зону паводкового воздействия входит территория площадью 10,3 тыс. км², включая и равнинную часть Нальчик [2; 3, с. 34].

Река Нальчик (в верховье на протяжении 14 км она называется р. Хара) берет свое начало на северном склоне Скалистого хребта на высоте 2900 м, в 2,1 км к северо-востоку от горы Ламутакая и впадает в р. Урвань бассейна р. Черек. Бассейн реки расположен в пределах Центрального Кавказа на северо-восточных склонах Скалистого хребта. Северная часть бассейна расположена в пределах крупнохолмистых предгорий и предгорной равнины, на которой расположен г. Нальчик. В плане бассейн реки имеет вид извилистой ленты, вытянутой с юго-запада на северо-восток на длину до 53 км. Средняя ширина его 10–11 км, на приустьевом участке 4–5 км. Средний уклон водосбора 330 ‰ (описание к гидропосту, КБ ЦГМС).

Река Нальчик имеет множество притоков, основными из которых являются правые притоки Белая, Нешбурка и левый приток Бешенка [4, с. 96]. Водосборные площади р. Белая и р. Нешбурка смежные, а их устья находятся в 100 м друг от друга, выше г. Нальчик между селениями Белая Речка и Хасанья, а р. Бешенка впадает в р. Нальчик в верхней части с. Белая Речка [5] (рис. 1). В верхнем и среднем течении реки Нальчик (до с. Белая Речка) наблюдаются выходы грунтовых вод с постоянным стоком в течение года, которые являются основным источником питания реки. В средней части с. Белая Речка установлен гидрологический пост (ГП), пункт, оборудованный устройствами и приборами для проведения систематических гидрологических наблюдений (рис. 1). Площадь водосбора до гидропоста 140 км², длина реки – 25 км, средняя высота водосбора составляет 1510 м, а общая длина реки – 54 км.

По характеру водного режима р. Нальчик относится к рекам Северо-Кавказского типа с паводочным периодом в теплую часть года. Основное питание река получает за счет осадков и стока родников. По данным ГП Белая Речка наибольшие среднемесячные расходы воды проходят весной

и летом, 29 и 36 % соответственно, а наименьшие – осенью и зимой, 21 и 14 % (данные КБ ЦГМС).

Прохождение паводков всегда сопровождается образованием наносов и отложений дополнительного грунта в русле реки, деформацией русел, обрушением берегов, повреждением опор различных линий коммуникаций, размыванием автомобильных дорог, подтапливанием и затоплением прибрежных территорий и населенных пунктов. Продолжительность паводков обычно составляет от 40 мин до 4–5 ч и более.

Бассейн р. Нальчик изучается специалистами различных организаций уже много лет. За этот период опубликовано более ста работ, среди которых можно выделить [2; 6–8; 9, с. 48].

Паводки, сели и наводнения тревожили Кабардино-Балкарию во все времена. Так, в начале 1960-х гг. г. Нальчик испытал на себе последствия затяжных ливневых дождей, которые нанесли экономике региона большой урон. Именно тогда были впервые проведены основательные работы по защите г. Нальчика и берегов всех основных рек от паводков. В своей статье Виктор Котляров писал: «Наводнение 23 мая 1963 года оставило неизгладимый след в памяти всех, кто в той или иной степени явился его свидетелем. Наводнение, никогда до этого не имевшее подобных масштабов и никогда впоследствии не повторившееся на таком уровне, осталось в памяти как катастрофическое природное явление, буквально затопившее город. Ущерб был колоссальным, не обошлось и без человеческих жертв. Пострадали десятки общественных зданий, многоквартирные жилые дома, особенно в частном секторе. Река Нальчик во многих местах изменила русло. Мощь потока, несущегося по нему, была такой страшной силы, что тащила огромные камни, вывороченные из земли вековые деревья с раскидистой корневой системой. При этом грохот стоял такой, что невозможно было услышать даже находящегося рядом человека» [10].

Продолжительные ливневые дожди способствуют интенсивному таянию снега и ледников, прорыву плотин, образованию оползней и могут провоцировать паводки, а также развитие селей гляциально-ливневого и гляциального происхождения. Так, в мае 2023 г. в результате интенсивных дождей в бассейне р. Нальчик (Кабардино-Балкарская Республика) сформировались два наносоводных паводка, которые привели к значительному ущербу.

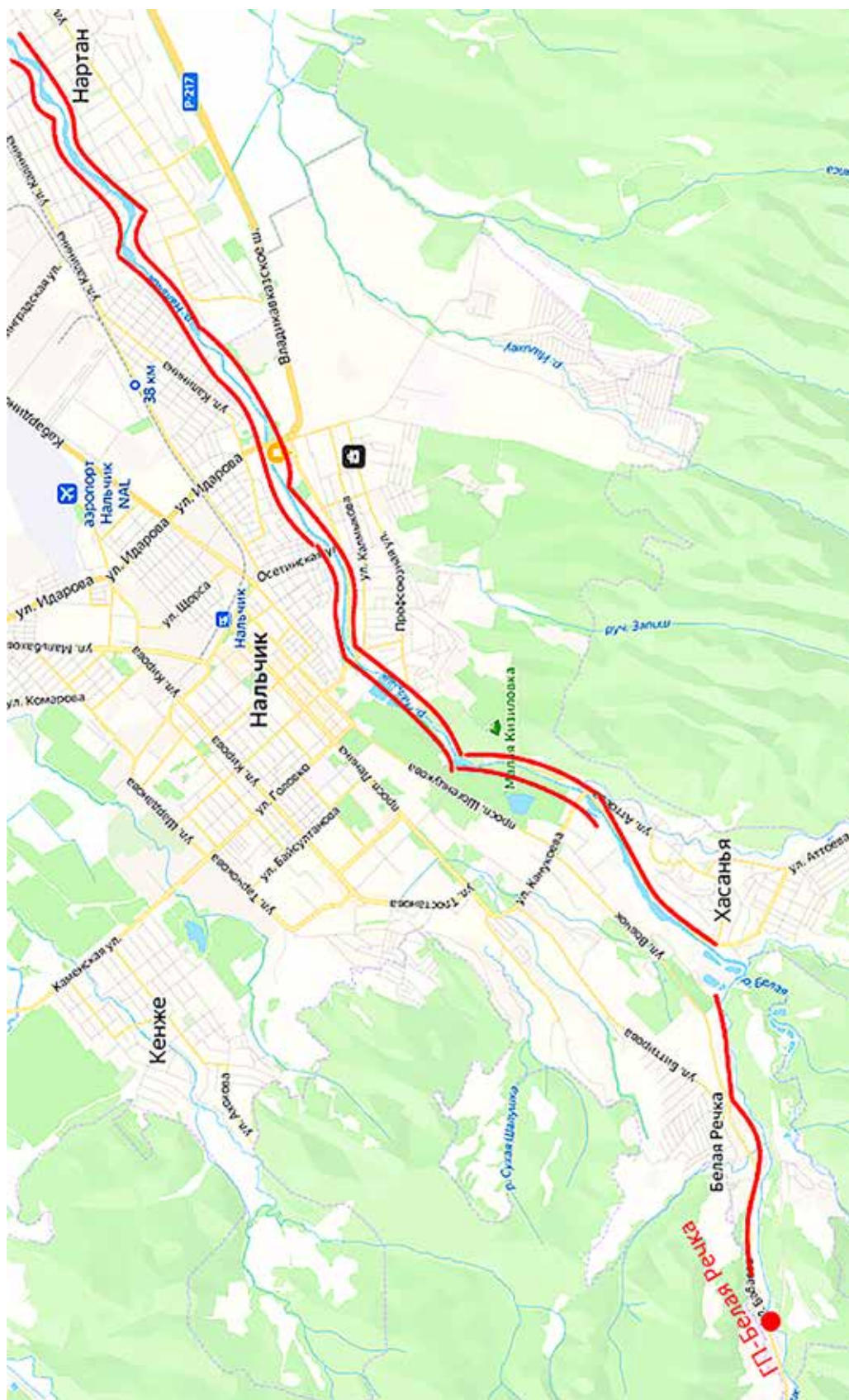


Рис. 1. Картограмма бассейна р. Нальчик с обозначением расположения ГП Белая Речка и опасных участков прибрежной полосы (на схеме красным цветом)

Целью научного исследования является изучение динамики развития паводкового режима р. Нальчик, для определения масштабов распространения паводков, нанесенного ущерба инфраструктуре и зонам отдыха, расположенным в прибрежной зоне реки. Определение возможного ущерба при прохождении паводка 1% обеспеченности для проведения защитных мероприятий.

Материалы и методы исследования

В работе используются данные наблюдений ГП Белая Речка Кабардино-Балкарского Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КБ ЦГМС) р. Нальчик за период с 1947 по 2023 г., а также материалы маршрутных обследований автора прибрежных территорий после прошедших в мае 2023 г. наносоводных паводков. При проведении маршрутных обследований применялись измерительные инструменты (лазерный дальномер, штангенциркуль, фотоаппарат) и географические карты.

Результаты исследования и их обсуждение

В работе приводится анализ данных наблюдений гидрологического поста ГП Белая Речка р. Нальчик с 1947 (начало наблюдений на ГП Белая Речка) по 2023 г. (период наблюдений – 76 лет), а также маршрутных обследований прибрежных территорий в мае и июне 2023 г. Период наблюдений разделен на две части: первая часть 1947–2000 гг. и период современности 2001–2023 гг. За рассматриваемый период с 1947 по 2000 г. по р. Нальчик сходило семь выдающихся паводков с большими расходами воды и размывами береговых склонов русла в пределах населенных пунктов с. Белая Речка, г. Нальчик и с.п. Нартан. Критерием выбора явились паводки расходом более 60 м³/с, которые наносили значительный ущерб береговой линии и инфраструктуре населенных пунктов. Самый большой паводок, за весь период наблюдений, зафиксированный на ГП, сошел в 1968 г. с расходом 169 м³/с. Паводком была затоплена вся пойма р. Нальчик в с.п. Белая Речка, размывты берега реки и ложа русла в черте г. Нальчик, разрушены мостовые переходы между г. Нальчик и с.п. Нартан, затоплена прибрежная территория с.п. Нартан. Повторяемость схода паводков с большим расходом (более 60 м³/с) за 1947–2000 гг. составляет 1 раз в 7 лет.

Анализ данных результатов наблюдений с 2001 по 2023 гг. показал, что за этот пе-

риод по р. Нальчик зафиксирован сход семи больших паводков со значительным расходом воды, причем два из них прошли в мае 2023 г. Повторяемость схода паводков 1 раз в 3 года.

По результатам исследования была составлена таблица с датами схода выдающихся паводков с большими расходами за период наблюдений гидропоста с 1947 по 2023 г. Так как паводки с 1947 по 1952 г., с 2000 по 2001 г. отмечены с незначительными расходами и без ущерба прибрежной территории, в таблицу они не были включены. Особенностью некоторых паводков, в частности сходявших 21.06.2002 г., 23.04.2010 г., 31.05.2023 г., является то, что они прошли по притоку р. Белая, которая впадает в р. Нальчик ниже гидрологического поста, и поэтому точных данных о расходах нет, но имеются данные о нанесенном ущербе.

Выдающиеся паводки по р. Нальчик за период наблюдений с 1947 по 2023 г.

№	Дата схода паводковых вод	Уровень воды, см	Расход воды в месте расположения ГП, (м ³ /с)
1947–2000 гг.			
1	1953	344	71,0
2	1963	343	70,0
3	1966	316	62,0
4	1968	410	169,0
5	1972	274	66,0
6	1982	225	137,0
7	1991	313	61,8
2001–2023 гг.			
1	21.06.2002	260	13,9*
2	18.06.2009	416	125,0
3	23.04.2010	175	11,4*
4	20–21.07.2011	250	64,2
5	21.06.2020	257	64,5
6	28.05.2023	276	77,4
7	31.05.2023	167	27,6*

Примечание: расход, измеренный на гидрологическом посту, данных о расходе паводка по притоку нет.

Ниже приводится описание прошедших значимых паводков по р. Нальчик в 2001–2023 гг.

21 июня 2002 г. в результате выпадения обильных осадков по притокам р. Нальчик,

р. Белая и Нешбурка, сошел наносоводный паводок. В результате в черте г. Нальчика в нескольких местах была размыва и обрушена береговая линия, в русле отложилось большое количество мусора, карчей и стволов деревьев.

Днем 18 июня 2009 г. после сильного ливня в верхней части с. Белая Речка по р. Бешенка (левый приток р. Нальчик) сошел селевой поток. Водно-грязевая масса вызвала паводковую волну на р. Нальчик с превышением опасных отметок. Отметка высшего уровня на ГП Белая Речка по сравнению с уровнем на 8 час поднималась на 274 см, расход составил более 70 м³/с, русло р. Нальчик сильно деформировалось.

23 апреля 2010 г. по р. Белая и Нешбурка, правым притокам р. Нальчик, прошел паводок. На ГП Белая Речка уровень на тот момент составлял 175 см с расходом 11,4 м³/с. Паводком были разрушены береговые склоны русла реки в черте г. Нальчик, потоком перенесено вниз по течению много карчей и мусора.

По р. Нальчик и Белая из-за продолжительных интенсивных ливней 20–21 июля 2011 г. отмечались береговые оползни, оплывины, обрушения, прохождение наносоводных паводков с высоким содержанием твердой фракции, мусора и карчей. Подъем уровней воды во время прохождения паводков достигал 1,5 м.

21 июня 2020 г. по данным ГП Белая Речка в результате прошедших ливневых дождей по р. Нальчик наблюдалось прохождение наносоводного паводка с повышением уровня воды до 257 см. Паводком было перенесено большое количество об-

ломочного материала – камни, грунт, карчи. Ударная волна была такой силы, что с подпорной бетонной стенки в районе ГП сорвало часть бетонного основания, металлическую наблюдательную площадку, был значительно размыв левый берег, существовала угроза обрушения частного домовладения.

По р. Нальчик 28 мая 2023 г. сошел наносоводный паводок. В районе ГП Белая Речка днем 28.05.2023 прошел дождь с количеством осадков 5,7 мм. Но по данным ДМРЛ – Ставрополь с 17:00 до 17:30 часов 28 мая 2023 г. отмечалось южнее г. Нальчика мощная кучево-дождевая облачность, соответствующая ливневым осадкам с интенсивностью более 50 мм за час (данные КБ ЦГМС). Таким образом, в тот день ливневые осадки выпали в верховьях водосбора р. Нальчик.

На момент обследования (29 мая 2023 г.) в русле визуально отмечалось прохождение паводковых вод: уровень потока в районе гидрологического поста Белая Речка, определенный нивелированием по горизонту высоких вод, достигал 276 см. Расход, рассчитанный по уровню высоких вод в районе гидропоста, составил 77,4 м³/с [11, с. 43; 12, с. 7]. В русле реки в районе ГП были повалены железобетонные плиты, а ниже по течению образовались скопления карчей, камней и веток деревьев (рис. 2).

В нижней части с.п. Белая Речка в зоне отдыха паводком были повреждены беседки, территория была занесена илом и мусором, следы прохождения паводка отмечались также вблизи домов на автодороге местного значения (рис. 3).



Рис. 2. Железобетонная плита, разрушенная паводком



Рис. 3. Размытое полотно обездной грунтовой автодороги паводковыми водами р. Нальчик



Рис. 4. Разрушенный пешеходный мост через р. Нальчик

Выносимыми паводком карчами и деревьями была повреждена водоводная магистраль, осуществляющая подачу питьевой воды жителям г.о. Нальчик. Без питьевой воды в течение двух дней оставались 5 районов города.

По р. Белая и Нешбурка, правым притокам р. Нальчик, 31 мая 2023 г. сошли наносоводные селевые потоки, возникшие при

прохождении сильного паводка, который срывал крупнообломочный русловой материал и за счет транспортирующей способности переносил большое количество взвешенных и влекомых наносов. По данным КБ ЦГМС вечером 31.05. и ночью 01.06.2023 г. был сильный дождь с количеством осадков 58,6 мм. После впадения в р. Нальчик расход паводка увеличился и составил более 100 м³/с, но высота потока за пределы береговой линии не выходила. На момент обследования (1 июня 2023 г.) можно было наблюдать следы прохождения паводковых вод: высота потока, определенная по береговым меткам в курортной зоне г. Нальчика, достигала 2,3–2,4 м. Наибольший ущерб паводок нанес территории ресторано-гостиничного комплекса «Трек», который примыкает к руслу р. Нальчик. Летняя терраса ресторана, а также вся территория размерами 120 м на 30 м была полностью завалена илом, карчами и мусором. Толщина грунтовых отложений достигала 0,2–0,4 м.

В нижней части г. Нальчика в районе ул. Новая полностью был разрушен навесной пешеходный мост через р. Нальчик. Причина разрушения (со слов очевидцев) – карчи и стволы деревьев в потоке паводка. В русле реки наблюдались части разрушенного пешеходного моста, а также карчи и обломки деревьев (рис. 4).

Заключение

На основе проведенного исследования получены следующие результаты.

По р. Нальчик ежегодно проходят несколько небольших паводков, мощность ко-

торых зависит от количества и интенсивности осадков, выпадающих на ее водосборной площади (данные КБ ЦГМС). А выдающиеся паводки, наносящие значительный ущерб расположенным вблизи русла домам и дорогам, а также зонам отдыха, приводящие к размыву берегов, затоплению территорий, завалу илом, карчами и мусором, сходят с периодичностью 1 раз в 3 года.

Паводки проходят по р. Нальчик и ее притокам – р. Белая, Нешбурка и Бешенка. Были зафиксированы случаи прохождения наносоводных селевых потоков по притокам, которые после впадения в р. Нальчик образовывали паводки со значительным расходом. По данным КБ ЦГМС в районе ГП расход р. Нальчик 1% обеспеченности составляет до 155 м³/с (ряд наблюдений – 76 лет), это расход р. Нальчик выше ГП Белая Речка. При условии прохождения паводка 1% обеспеченности по всей водосборной площади одновременно выше г. Нальчик, в районе г. Нальчика и ниже по течению, расход воды может достигать более 200 м³/с. Такой сценарий прохождения паводка приведет к более масштабному ущербу: размыву берегов, затоплению территорий, разрушению дорог, мостов и т.д.

Анализ данных исследования показал, что интенсивность схода и наносимый ущерб выдающихся паводков за период с 2001 по 2023 г. более чем в 2 раза увеличились по сравнению с периодом с 1947 по 2000 г. Причиной тому может быть как глобальное потепление климата и как результат увеличение количества таяния снега и ливневых дождей, так и высокая степень эксплуатационной изношенности технически устаревших берегозащитных сооружений р. Нальчик.

Исходя из вышеизложенного необходимо проведение комплекса мероприятий

по инженерной защите прибрежных территорий р. Нальчик с целью обеспечения безопасности жизнедеятельности людей и инфраструктуры населенных пунктов.

Список литературы

1. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. М.: Изд-во МГУ, 2014. 72 с.
2. Разумов В.В., Беккиев М.Ю., Разумова Н.В., Шагин С.И. Масштабы и опасность наводнений на Северном Кавказе // Наука. Инновации. Технологии. 2018. № 1. С. 143–160.
3. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Кабардино-Балкарской Республики от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году». Нальчик: ГУ МЧС РФ по КБР, 2016. 275 с.
4. Кадастр селевой опасности Юга Европейской части России / Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Беккиев М.Ю., Гедуева (Гяургиева) М.М., Перов В.Ф., Разумов В.В., Сейнова И.Б., Хучунаева Л.В. М.: Нальчик: Феория, 2015. 148 с.
5. Емузова Л.З., Сижажева М.С. К вопросу об изменении гидрографического статуса реки Нальчик // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 2. С. 58–63.
6. Хатухов А.М., Абанокова Э.Б. Комплексная оценка качества речных вод Кабардино-Балкарии // Проблемы истории, методологии, историографии и источниковедения народов Северного Кавказа: опыт и уроки: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Нальчик, 30 июня – 02 июля 2022 г.). Нальчик: Издательство: Принт центр, 2022. С. 231–237.
7. Емузова Л.З., Аксорова К.Х. Деструктивные процессы в защитных гидротехнических сооружениях реки Нальчик // Водные проблемы. Наука и технологии. 2018. № 2. С. 7–16.
8. Емузова Л.З. Оценка современного состояния защитной берегоукрепительной системы р. Нальчик // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12 (83). С. 9–14.
9. Ламердонов З.Г. Инновационные технологии защиты берегов рек. Нальчик, 2012. 236 с.
10. Котляров В. Подводный Нальчик [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kbpravda.ru/node/4659> (дата обращения: 08.11.2023).
11. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. СПб., 2009. 193 с.
12. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М., 2004. 83 с.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 502.52
DOI**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА
ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА
ЭКОСИСТЕМАМИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ****Голеусов П.В.***ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: goleusov@bsu.edu.ru*

В условиях климатических изменений, роста антропогенной нагрузки на природные экосистемы, роста деградации земель важно оценить природный потенциал ассимиляции углерода, баланс которого является индикатором устойчивости экосистем. Для Белгородской области – аграрного региона с высоким уровнем антропогенной трансформации природных ландшафтов, наличием мощных центров техногенной эмиссии загрязняющих веществ – оценка ассимиляционного потенциала в отношении углекислого газа имеет особое значение. Цель исследования – предварительная оценка потенциала поглощения углекислого газа экосистемами Белгородской области, перспектив обеспечения положительного баланса углерода в депонирующих средах и возможности углеродной нейтральности региона. Объектами оценки являются природные и природно-антропогенные экосистемы Белгородской области, в которых происходят поглощение (секвестрация) атмосферного углерода и его депонирование в виде органического вещества биомассы, мортмассы и органического вещества почв. В результате проведения научно-исследовательской работы даны предварительные оценки антропогенных выбросов углекислого газа на территории Белгородской области, даны предварительные оценки поглотительного потенциала основных типов природных экосистем региона, определены перспективы достижения углеродной нейтральности региона. При современном уровне природопользования Белгородская область не может стать углерод-нейтральным регионом. При рациональном использовании отходов животноводства, применении технологий регенеративного земледелия углерод-нейтральным может стать только сельское хозяйство региона.

Ключевые слова: углерод, углекислый газ, эмиссия, секвестрация углерода, углеродный баланс, поглощение CO₂, углеродная нейтральность

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-17-00169,
<https://rscf.ru/project/23-17-00169>.*

**PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE POTENTIAL
FOR CARBON DIOXIDE ABSORPTION
BY ECOSYSTEMS OF THE BELGOROD OBLAST****Goleusov P.V.***Belgorod National Research University, Belgorod, e-mail: goleusov@bsu.edu.ru*

In the context of climate change, increasing anthropogenic pressure on natural ecosystems, and increasing land degradation, it is important to assess the natural potential for carbon assimilation, the balance of which is an indicator of ecosystem sustainability. For the Belgorod oblast, an agricultural region with a high level of anthropogenic transformation of natural landscapes and the presence of powerful centers of technogenic emissions of pollutants, assessing the assimilation potential for carbon dioxide is of particular importance. The purpose of the study is a preliminary assessment of the potential for carbon dioxide absorption by the ecosystems of the Belgorod oblast, the prospects for ensuring a positive carbon balance in depositing environments and the possibility of carbon neutrality in the region. The objects of assessment are natural and natural-anthropogenic ecosystems of the Belgorod oblast, in which atmospheric carbon is absorbed (sequestered) and deposited in the form of organic matter (biomass, mortmass and soil organic matter). As a result of the research work, preliminary assessments of anthropogenic carbon dioxide emissions in the Belgorod oblast were given, preliminary assessments of the absorption potential of the main types of natural ecosystems in the region were given, and prospects for achieving carbon neutrality in the region were determined. At the current level of environmental management, the Belgorod oblast cannot become a carbon-neutral region. With the rational use of livestock waste and the use of regenerative farming technologies, only the region's agriculture can become carbon neutral.

Keywords: carbon, carbon dioxide, emission, carbon sequestration, carbon balance, CO₂ absorption, carbon neutrality

The work was carried out with financial support from the Russian Science Foundation, project No. 23-17-00169, <https://rscf.ru/project/23-17-00169>.

Белгородский регион весьма напряженный в отношении углеродного баланса: высокий уровень развития промышленного и сельскохозяйственного производства, ма-

лая лесистость, дефицит квазиприродных экосистем делают его уязвимым в отношении обеспечения углеродной нейтральности. В Белгородской области развиваются

2 крупные городские агломерации: Белгородская (площадью 7200 км², населением 719,5 тыс. человек – 47% всего населения Белгородской области) и Старооскольско-Губкинская (4448 км², 411,1 тыс. человек), которые являются крупными центрами эмиссии парниковых газов. Высокая степень антропогенной преобразованности территории региона (более 80% – сельскохозяйственные, промышленные и селитебные земли) и незначительная лесистость (менее 12%) определяют актуальность оценки поглотительной способности агроэкосистем, находящихся в местах интенсивной эмиссии парниковых газов. Вместе с тем, Белгородская область является регионом-лидером в сфере внедрения технологий биологизации и адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Объекты исследования – природные и природно-антропогенные экосистемы Белгородской области, в которых происходят поглощение (секвестрация) атмосферного углерода и его депонирование в виде органического вещества биомассы, мортмассы и органического вещества почв.

Цель исследования – оценка секвестрационного (поглотительного) потенциала природных и квазиприродных экосистем Белгородской области для определения компенсации выбросов из промышленных источников.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов для исследования использованы данные литературных источников, космические снимки и ДЗЗ ресурсов ESRI, Bing, Google, Яндекс, данные Росстата по региону, нормативные документы, результаты предыдущих исследований автора.

Методы исследования: геоинформационные технологии (использование программ ArcGIS, MapInfo Professional, SAS.Planet), метод экспертных оценок, расчетные методы.

Основным методом учета выбросов углекислого газа является метод 1-го уровня, который основан на статистических данных о сжигании топливно-энергетических ресурсов по категориям источников и средних, рекомендуемых МГЭИК, коэффициентах выбросов. В металлургическом и цементном производстве расчеты уровня 1 проведены следующим образом: коэффициенты выбросов умножают на производство материала. Удельные показатели использованы также при оценке выбросов животноводства. Во всех случаях использованы данные литературных источников.

В оценке поглощения использованы статистические данные о структуре земельного фонда и показатели удельного поглощения, обоснованные по данным литературных источников и собственных исследований. В целом, они являются экспертными в связи с отсутствием детальных данных о структуре учитываемых земель.

Исследования проведены в соответствии с актуальной нормативной документацией в области охраны окружающей среды и углеродного регулирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно 7-му национальному сообщению Российской Федерации, представленному в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола [1], в России в структуре источников выбросов парниковых газов превалирует энергетика (более 80%). В Белгородской области расходуется 15940 млн кВт·ч электроэнергии при собственной генерации 829,2 млн кВт·ч, что составляет 5,2% от потребления (2019 год). Электроэнергия поступает преимущественно из соседних регионов – Курской и Воронежской областей, генерируется АЭС. 100% газа и нефтепродуктов также поступает из других регионов [2].

Генерирующими компаниями Белгородской области являются – Филиал ПАО «Квадра» – «Белгородская генерация» и АО «ГТ Энерго», которые эксплуатируют 4 тепловые электростанции, и еще 5 электростанций находятся в эксплуатации промышленных предприятий (сахарные заводы) [2]. Основным топливом является природный газ, потребление которого суммарно составляет не менее 6,5355 млрд м³ [3, 4]. Соответственно, объем выбросов, рассчитанный по методике, изложенной в [5, 6], составляет не менее 12,5 млн т CO₂. Кроме того, область потребляет каменный уголь – 17,968 тыс. т – и нефтепродукты – 1,7 млн т [4]. Их сжигание приводит к выбросам еще 5,4 млн т CO₂. Таким образом, сжигание ископаемого топлива в области суммарно дает выброс 17,9 млн т CO₂ ежегодно.

Отдельно стоит отметить металлургическое производство области. Например, на ОЭМК в электродуговых печах происходят выжигание углерода из сырья и сторание электродов, суммарный выброс CO₂ составляет 1,5 т на 1 т стали [7]. В 2020 г. ОЭМК произвел 3,2 млн т стали, соответственно, вы-

брос CO_2 может достигать 4,8 млн т. Однако по отчетности предприятия за 2019 и 2020 гг. прямые выбросы (область охвата 1) составили 3,2 млн т [7]. Предприятие заявляет, что удалось сократить выбросы на 1 млн т CO_2 . На Лебединском ГОКе прямые выбросы составили 2,96 млн т CO_2 .

Важным компонентом выбросов CO_2 является обжиг известняка (мела) при производстве цемента и других строительных материалов (декарбонизация). При этом на разложение карбоната кальция приходится примерно 63% выброса CO_2 , 37% – на сжигание природного газа [8]. При общем объеме производства цементных заводов области в 2 млн т дополнительный выброс CO_2 составляет не менее 1 млн т.

Суммарный выброс CO_2 от промышленных источников и сжигания ископаемого топлива в Белгородской области составляет не менее 23,7 млн т.

В качестве источников выбросов углекислого газа также необходимо рассмотреть сельское хозяйство. Животноводство региона (по всем категориям хозяйств), по данным Белгородстата, на 01.01.2022 г. имело следующую структуру: 236,1 тыс. голов КРС, 4 269 тыс. свиней, 42 903,8 тыс. голов птицы. Используя данные о нормах выделения CO_2 [9] с учетом его выделений при ферментации навоза и помета [10], можно определить общий выброс углекислого газа животноводством области не менее 5,6 млн т/год.

Растениеводство Белгородской области, по данным Белгородстата, в 2021 г. осуществлялось на площади 1445,3 тыс. га, из них 47,1% занимали зерновые и зернобобовые культуры, 38,5% – технические. Наибольшую площадь пахотных почв региона составляют агрочерноземы (70,5%) и агросерые лесные почвы (6,2%) [11]. Для предварительных расчетов выделения CO_2 пашней можно принять, что эти типы почв имеют сходную эмиссию около 4 т/га CO_2 за вегетационный период (всего 5,8 млн т) [12], за год – около 7 т/га CO_2 (10,1 млн т). Частично эта эмиссия компенсируется накоплением органического вещества в почве, но она не превышает 1 т С/га в год [10], что в CO_2 -эквиваленте составляет 5,3 млн т. В итоге чистый выброс CO_2 почвами пашни составляет 4,8 млн т CO_2 в год.

Таким образом, суммарный выброс углекислого газа на территории Белгородской области составляет не менее 35,6 млн т в год, причем 50,3% приходится на сжигание ископаемого топлива и 29,5% – на выбросы сельского хозяйства. Заметны аграр-

ная специфика региона и его энергодефицитность: выработка энергии происходит в других регионах, и ее импорт позволяет снизить выбросы углекислого газа на территории Белгородской области.

Следует подчеркнуть, что приведенные оценки выбросов являются предварительными и не учитывают структуры соответствующих отраслей. Эта задача (инвентаризация выбросов) должна быть решена в ближайшее время в связи с внедрением углеродного регулирования в России в 2025–2028 гг.

Леса являются наиболее эффективными поглотителями углекислого газа среди сухопутных экосистем. Их ассимиляционная способность зависит от видового состава, сукцессионного статуса, возраста и других факторов. При этом надо учитывать, что леса – экосистемы с довольно интенсивным гетеротрофным дыханием, которое может приближаться по выделению углекислого газа к его поглощению в результате фотосинтеза в зрелых и перестойных лесах. В Белгородской области, согласно данным Управления лесами на 2021 год [13], площадь лесных земель составляет 230,8 тыс. га, из которых лесами покрыто 219,9 тыс. га. При таком учете лесопокрытой площади лесистость области едва превышает 8,1%. Общая площадь лесов области оценивается Управлением лесами в 248,8 тыс. га. Леса области – защитные, преимущественно противоэрозионные (78,9%) и лесопарковые (17,6%) [14, 15]. Леса в целом молодые. Средний возраст хвойных насаждений – 43 года, твердолиственных – 60 лет, мягколиственных – 35 лет. В составе лесов преобладают твердолиственные породы, которые занимают площадь 183,2 тыс. га, или 83,4% от покрытой лесом площади, в том числе дуба черешчатого – 161,4 тыс. га, или 88,1%, хвойные насаждения занимают 19,8 тыс. га, или 9,0%, мягколиственные породы – 16,3 тыс. га, или 7,4%, остальное кустарники – 0,5 тыс. га, или 0,2% [15]. Помимо лесных земель, находящихся в ведении Управления лесами Белгородской области, есть еще полезащитные и противоэрозионные лесополосы, площадь которых оценивается нами в 51,5 тыс. га. По данным учета путем дешифрирования космических снимков, общая площадь лесов Белгородской области оценивается в 332 тыс. га [16].

Вопрос об удельной поглотительной способности лесов довольно сложный, очевидно, что она ниже годового прироста (этот показатель не учитывает выделение

CO₂ лесом). Методика оценки чистой экосистемной продукции должна включать все компоненты экосистем, а не только древесный компонент. Например, для зоны смешанных (хвойно-широколиственных) лесов европейской части страны чистая экосистемная продукция оценивается в диапазоне 1,32–2,61 т С/га в год, в среднем 1,96 т С/га в год [17]. Однако этот показатель не используется в расчетах поглотительной способности лесов в связи с трудностью его определения. В работе [18] углеродный баланс для лесов Белгородской области оценен в 1,56 т С/га в год (максимальный в России, в среднем – 0,71 т С/га в год, для лесостепной зоны в целом – 1,37 т С/га в год). Обычно расчет проводится по российской методике РОБУЛ (Методика региональной оценки бюджета углерода лесов), которая, по некоторым оценкам [19], дает заниженные результаты. Методика использует данные государственного лесного реестра. Альтернативная методика разработана сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ) [17]. Она учитывает также и резервные леса. Эту методику критикуют за то, что она позволяет существенно повысить оценки поглощения лесами, что может вызвать недоверие МГЭИК.

Таким образом, управляемые леса Белгородской области поглощают 1,32 млн т CO₂ в год (по методике РОБУЛ), что составляет 3,86% от суммарного антропогенного выброса. Но если учесть все леса области (это не признается МГЭИК), то поглощение составляет 1,90 млн т CO₂ в год (5,86% выбросов). Интересно, что при лесистости XVI в. 48% (1,3 млн га) [16] поглощение CO₂ составляло бы 7,44 млн т в год (около 22% выбросов).

Темпы роста лесопокрываемой площади области невелики. Управление лесами, например, отчиталось о 118,1 га посадок за 2020 год [13]. При этом естественное лесовозобновление не учитывается, поскольку оно происходит, в основном, на сельскохозяйственных землях. Вследствие изменений землепользования (отсутствие сенокосов и выпаса), а также при некотором росте количества осадков в овражно-балочной сети юга Среднерусской возвышенности лесистость выросла с 3,6% до 22,7% [20], что соответствует росту площади лесов в несколько тысяч гектаров.

Болота имеют довольно мощный блок накопления углерода в торфяных отложениях. Для России это важный компонент учета

углеродного баланса. При этом следует учитывать, что, располагая значительными запасами мертвого ОВ, болота способны увеличивать эмиссию в условиях потепления климата, в том числе и залповым способом – при пожарах. Оценки депонирования углерода болотами России довольно различаются. В работе [21] отмечено, что накопление углерода болотными экосистемами значительно ниже, чем лесными: 0,1–0,6 т С/га в год. В работе [22] отмечено, что в голоцене от бореального к субатлантическому (современному) периоду скорость накопления углерода в болотах снизилась более чем вдвое. Максимальная скорость была характерна для атлантического и бореального периодов для болот Западно-Сибирской низменности 1,37 т С/га в год (эквивалентно поглощению 5,02 т CO₂/га в год). Современная скорость в этих же болотах 0,112 т С/га в год (0,41 т CO₂/га в год). Современные темпы изменяются в диапазоне от 10,3 в полигональных болотах до 51,7 г С/(м² в год) в низинных травяных болотах, в среднем – 48,0 г С/(м² в год), что эквивалентно поглощению 1,76 т CO₂/га в год. Как видно, такой уровень поглощения в целом выше среднего депонирования углерода лесами России. Но для болот Белгородской области специальных исследований баланса углерода не проводилось, поэтому будем использовать данное значение как условную величину.

По данным Росреестра [23], в Белгородской области 22570 га земель занято болотами, хотя по данным дешифрирования космоснимков площадь может быть выше – до 29885 га [24]. По положению в рельефе болота области разделяются на пойменные, овражные, западинные и склоновые. Большинство болот относится к низинному типу (около 98% от общего их числа), они приурочены к прирусловой части долин крупных рек области [25].

В общей сложности болота Белгородской области теоретически могут депонировать до 52 597,6 т CO₂, что, конечно, является совсем небольшой величиной в масштабах региона. Можно предположить, что в перспективе в связи с изменением климата площадь болот в регионе может несколько вырасти, как и продуктивность болотных экосистем, следовательно, возрастет и поглощение углерода.

В работе [10] для земледельческой зоны России отмечен отрицательный углеродный баланс, связанный с потерей почвами углерода вследствие интенсивного агроисполь-

зования. В масштабах страны, вероятно, это имеет обоснование, но на региональном уровне возможны и иные тенденции. Здесь мы пока не будем обсуждать вариант забрасывания пашни с реализацией природных восстановительных сценариев на залежах. Он достаточно хорошо рассмотрен в фундаментальной монографии [26]. Более востребован вариант расширенного воспроизводства органического вещества в обрабатываемых почвах в связи со значительной долей их в земельном фонде области (1505,1 тыс. га на 2020 год) – 55,47%. Посевная площадь несколько меньше – 1445,3 тыс. га. Разность 59,8 тыс. га – потенциально залежные земли (формально – пар).

Мониторинг гумусного состояния агропочв Белгородской области осуществляет ФГБУ «ЦАС «Белгородский». По результатам 8-го тура агрохимического обследования (2005–2009 гг.), с учетом динамики за 20 лет проведены исследования [27], демонстрирующие, что накопление гумуса в большей степени определяется типологическими характеристиками почвы, чем агротехникой: в частности, повышается гумусированность агросерых почв, которые якобы трансформируются в черноземы. В агрочерноземах, наоборот, отмечена потеря органического вещества.

В последующие годы (с 2011 г.) в регионе начала реализовываться программа биологизации земледелия. Ее результаты за 10-летний период проанализированы в работе [28]. Так, среднее содержание органического вещества в почвах пашни увеличилось с 5,10 до 5,21 абс.%. Внесение органических удобрений в 2017–2019 гг. достигло 9,25 т/га в год [28]. При коэффициенте гумификации 0,1 поступление С составит 0,9 т/га, примерно столько же составят пожнивные остатки (до 10 т/га по зерновым), итого 1,8 т/га органического вещества в год. Минерализация гумуса составляет до 1,5 т/га в год. Итого прирост составил бы 0,3 т/га органического вещества. Депонирование углерода (в гумусе его 58%) агропочвами Белгородской области, согласно этим расчетам, составляет в пересчете на CO_2 0,96 млн т в год. Прирост содержания органического вещества в агропочвах Белгородской области с 2011 по 2020 гг. составил 0,11 абс.% [28], это эквивалентно поступлению 0,39 т/га органического вещества в год в пахотном слое, что соответствует 0,83 т CO_2 /га в год. Будем использовать эту величину. Итого агропочвы Белгородской области способны секвестрировать до 1,25 млн т CO_2 в год.

В структуре земельного фонда Белгородской области есть территории, которые целесообразно рассматривать как зоны экологической компенсации техногенного воздействия, в том числе и углеродного дисбаланса. К ним можно отнести антропогенно нарушенные геосистемы, в которых прекращена хозяйственная деятельность и происходят процессы экологической ренатурации – самоорганизации природных экосистем [29]. На некоторой площади таких земель осуществлены рекультивационные мероприятия, но их темпы (биологический этап) не превышают 100–150 га в год. На остальной площади реализуются естественные ренатурационные процессы – естественное развитие посттехногенных экосистем, сопровождающееся ростом биомассы сообществ и накоплением органического вещества в почвах.

На 1 января 2021 года площадь нарушенных земель в Белгородской области составила 6,5 тыс. га. Нарушения в основном произведены горнодобывающей промышленностью, а также при выполнении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ. В ситуациях, когда плодородный слой почв не наносится, на этих поверхностях при зарастании естественной растительностью происходит формирование новообразованных почв. Интенсивность данного процесса сильно зависит от литологических условий. Например, на суглинистых субстратах она выше, чем на песчаных или мело-мергельных. В среднем, скорость гумусонакопления в посттехногенных геосистемах находится на уровне 0,3–0,5 т/га в год (0,18–0,29 т С/га в год) [30]. Это соответствует секвестрации углекислого газа 0,70–1,06 т/га в год. Соответственно, новообразованные почвы нарушенных земель региона обеспечивают секвестрацию не менее 6,9 тыс. т CO_2 . Следует учесть, что часть этих земель зарастает древесно-кустарниковой растительностью, поэтому общий уровень поглощения будет еще выше. Например, на отвалах Лебединского ГОКа доля лесной растительности составляет около 20%. Соответственно, можно ориентировочно предположить, что за счет формирования древесных сообществ, на нарушенных землях дополнительно фиксируется более 7,5 тыс. т CO_2 в год. Итого 14,4 тыс. т CO_2 в год.

В ходе исследований [31] нами было выявлено 291 заброшенный сельский населенный пункт, их общая площадь составила 19234 га. В основном, эти территории сфор-

мированы постагрогенными (зарастающими садами и огородами) и постселитебными экосистемами, в которых ренатурация идет преимущественно по лесному типу, чему способствует наличие заброшенных садов. Общая лесистость этих территорий около 60%. Гумусонакопление в постагрогенных почвах происходит с более высокой скоростью, чем в посттехногенных геосистемах, и достигает 0,71 т С/га в год, в среднем – 0,45 т С/га в год [32]. Таким образом, в почвах заброшенных населенных пунктов фиксируется не менее 31,7 тыс. т CO_2 в год, а в биомассе – не менее 66,0 тыс. т CO_2 в год. Всего – 97,7 тыс. т CO_2 в год.

Постагрогенные земли (залежи: заброшенные пахотные земли и естественные кормовые угодья) в официальной отчетности Белгородской области отсутствуют, но по оценкам [33], их площадь составляет 145,25 тыс. га. Структура их растительного покрова в масштабах региона недостаточно исследована, но наши наблюдения свидетельствуют о постепенном зарастании не менее 40% этих земель древесно-кустарниковой растительностью. Однако на данном этапе учтем лишь почвенный блок, в котором ежегодно фиксируется около 240 тыс. т CO_2 ежегодно.

Важную роль в поглощении атмосферного CO_2 играют земли, на которых проходила реализация проекта «Зеленая столица». С 2010 по 2020 гг. по направлению «Облесение эрозионно опасных участков, деградированных и малопродуктивных угодий и водоохранных зон водных объектов» было высажено 100 297 га лесных насаждений различного породного состава (дуб черешчатый, сосна обыкновенная, акация белая, ясень зеленый и некоторые другие) [14]. Эти земли не находятся в ведении Управления лесами (за исключением 0,5 тыс. га). Поэтому учтем их отдельно. При проведении посадочных работ почвы нарушались, что способствовало усилению выделения ими CO_2 , но молодые насаждения компенсировали это выделение. По данным инвентаризации в 2019 г., 14,6% насаждений нуждались в ремонте, 12,7% – в полном восстановлении [34]. Учтем это в расчетах (–20%). Общая фиксация CO_2 из атмосферы этими насаждениями составляет не менее 460 тыс. т в год.

В структуре земельного фонда области есть категория прочих земель (61,2 тыс. га на 2020 г. [35]), так называемые неудобья. Можно предположить, что эти земли, хотя и довольно разнородны, имеют природный

режим функционирования. В некотором отношении они нами уже были учтены, в частности в оценке земель проекта «Зеленая столица» и в постагрогенных землях. Но очевидно, что не менее 35,9 тыс. га этих земель должно быть дополнительно учтено в оценке секвестрационного потенциала области. Используя минимальные оценки для определения прироста органического вещества в этих экосистемах на уровне 0,5 т С/га в год, условно определим их секвестрационный потенциал в 65,8 тыс. т CO_2 в год.

Земли водных объектов в области занимают 25,1 тыс. га. Важность речного стока в выносе карбонатов довольно велика [36]. Однако в Белгородской области это в основном литогенные карбонаты, входящие в состав горных пород, в которых формируется подземный сток. Органическое вещество ежегодной экосистемной продукции водоемов в основном минерализуется, но в некотором количестве попадает в состав донных отложений, где депонируется. Удельных оценок этого процесса пока нет. Можно предположить, что величины такого поглощения незначительны по сравнению с запасами. При очистке рек (а эти мероприятия активно проводятся в Белгородской области) углерод донных отложений снова может попасть в атмосферу. Условно примем ежегодную аккумуляцию углерода водными объектами в 50 тыс. т. Количественные оценки данного пути фиксации углерода должны получить эмпирическое обоснование.

Таким образом, поглотительную способность земель «резервного фонда» Белгородской области можно оценить в 929,7 тыс. т CO_2 в год. Подводя итог предварительной оценке секвестрационного потенциала экосистем Белгородской области, отметим сложность учета структуры рассматриваемых угодий. Это определяет необходимость разработки регионального кадастра углерод-депонирующей способности природных и природно-антропогенных территорий, который имеет большое значение для разрабатываемой системы регионального мониторинга углеродного баланса. В данной оценке остались неучтенными 514,1 тыс. га территории области. В эти земли входят территории населенных пунктов и объекты транспортной инфраструктуры 131,2 тыс. га, которые являются эмитентами CO_2 . Кроме того, не учтена часть агроландшафтов (преимущественно овражно-балочной сети). Всего остались неучтенными менее 15% территории, углеродный статус которых должен быть идентифицирован.

Поглощение CO₂ различными категориями земель Белгородской области

Категория земель	Учитываемая площадь, тыс. га	Удельное поглощение, т CO ₂ /га в год	Поглощение CO ₂ в год, тыс. т
Лес	332,0	5,72	1900
Многолетняя пашня	1505,1	0,83	1250
Лесонасаждения в рамках проекта «Зеленая столица»	100,3	4,59	460
Залежи	145,3	1,65	240
Заброшенные населенные пункты	19,2	5,08	97,7
Прочие земли	35,9	1,83	65,8
Болота	29,9	1,76	52,6
Водные объекты	25,1	1,99	50,0
Нарушенные земли	6,5	2,22	14,4
Итого	2199,3	1,88	4130,5
Неучтенные земли	514,1		
Общая площадь области	2713,4		

В таблице представлена структура секвестрационного потенциала Белгородской области в отношении CO₂.

Согласно требованиям МГЭИК, учитываются только управляемые леса и территории, официально отнесенные к климатическим проектам, т.е. регулируемые в отношении баланса углерода. На данный момент в регионе это только земли гослесфонда – 230,8 тыс. га, которые поглощают 1,32 млн т CO₂ в год, т.е. около 4% антропогенных выбросов. Остальные «поглощающие» территории должны получить соответствующее научное обоснование.

В так называемом резервном фонде в первую очередь надо «взять на баланс» лесонасаждения, сформированные в ходе реализации проекта «Зеленая столица», постагрогенные земли (залежи) и земли исчезнувших населенных пунктов. Эти и другие территории, на которых реализуются сценарии природного воспроизводства почвенно-растительного покрова, могут получить правовой статус зон экологической компенсации, в отношении которых должны проводиться управляющие воздействия, в первую очередь, мониторинг углеродного баланса и результативности процессов ресурсовоспроизводства.

На данный момент установлено, что экосистемы области поглощают не менее 4,1 млн т CO₂ в год, что составляет около 12% от уровня антропогенной эмиссии. Уточнение полученных оценок должно проводиться в отношении структуризации углерод-секвестрирующих площадей, а также в отношении экспериментального

обоснования темпов связывания углерода в различных депонирующих средах (в первую очередь, в фитомассе, почвах и донных отложениях).

Заключение

Предварительный учет прямых выбросов CO₂ на территории Белгородской области показал, что на 1 га ее территории приходится 13,11 т антропогенного CO₂ в год. Такая нагрузка не может быть компенсирована никакими природными секвестрационными процессами, поскольку среднее удельное поглощение составляет около 2 (0,83–5,72) т CO₂/га в год. Такой уровень поглощения CO₂ характерен, например, для постагрогенных почв (залежей) или болот. Леса закономерно имеют наиболее высокую поглотительную способность.

Экосистемы Белгородской области обеспечивают секвестрацию не более 12% эмиссии.

Лесная растительность области обеспечивает 46% секвестрационного потенциала экосистем региона. В перспективе ее доля будет возрастать.

При современном уровне природопользования Белгородская область не может стать углерод-нейтральным регионом. При рациональном использовании отходов животноводства, применении технологий регенеративного земледелия углерод-нейтральным может стать только сельское хозяйство региона.

Не имея существенных возможностей снизить «углеродный след», регион может преуспеть в ведении мониторинга углерод-

ного баланса территории (создание сети карбоновых полигонов).

Внедрение природоподобных и ренатурационных технологий экологической реабилитации антропогенно нарушенных геосистем позволит наращивать секвестрационный потенциал региона и в любом случае даст положительный экологический эффект.

Список литературы

1. Седьмое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М., 2017. 348 с.
2. Постановление Губернатора Белгородской области от 25 апреля 2022 года N 69 «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Белгородской области на 2023-2027 годы» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/406031055?marker>. (дата обращения: 14.10.2023).
3. Мамонтов А.Ю. Энергетический баланс Белгородской области // Главный энергетик. 2020. № 3. С. 35-38.
4. Постановление Губернатора Белгородской области от 22 апреля 2022 года N 56 «Об утверждении целевого прогнозного топливно-энергетического баланса Белгородской области на период до 2025 года с оценкой до 2030 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://belregion.ru/upload/iblock/5b5/56.pdf>. (дата обращения: 14.12.2023).
5. Национальный доклад РФ о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2010 гг. М., 2012.
6. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2020 гг. / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет); Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Изraelя». М., 2022. 468 с.
7. Металлоинвест. Эволюция современной металлургии. Отчет об устойчивом развитии 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://www.metalloinvest.com/upload/iblock/7cf/metalloinvest_csr_report_2020.pdf. (дата обращения: 04.10.2023).
8. Коробова О.С., Михина Т.В. Инвентаризация выбросов парниковых газов при производстве цемента // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № S3. С. 253-265.
9. РД-АПК 1.10.01.01-18. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота» (утв. и введены в действие Минсельхозом России 01.09.2018) [Электронный ресурс]. URL: <https://mcs.gov.ru/upload/iblock/3de/3de2633b68ff3bb0eada4571150aebef.pdf>. (дата обращения: 14.10.2023).
10. Романовская А.А. Основы мониторинга антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов (CO₂, N₂O, CH₄) в животноводстве, при сельскохозяйственном землепользовании и изменении землепользования в России: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Москва, 2008. 42 с.
11. Лукин С.В. Многолетняя динамика плодородия пахотных почв Белгородской области // Агрехимический вестник. 2013. № 4. С. 54-56.
12. Национальный атлас почв Российской Федерации / Гл. ред. чл.-корр. РАН С.А. Шоба. М.: Астель, 2011. 632 с.
13. Статистический ежегодник. Белгородская область. 2021: Стат. сб. / Белгородстат. Белгород, 2021. 508 с.
14. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Белгородской области в 2020 году / Правительство Белгородской области; Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды. Белгород, 2021. 247 с.
15. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Белгородской области в 2021 году / Правительство Белгородской области; Министерство природопользования Белгородской области. Белгород, 2022. 233 с.
16. Дегтярь А.В., Григорьева О.И. Изменение лесистости Белгородской области за 400-летний период // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 42, № 4. С. 574–586.
17. Малышева Н.В., Моисеев Б.Н., Филипчук А.Н., Золина Т.А. Методы оценки баланса углерода в лесных экосистемах и возможности их использования для расчетов годичного депонирования углерода // Лесной вестник. 2017. Т. 21, № 1. С. 4-13.
18. Корзухин М.Д., Коротков В.Н. Модификация модели РОБУЛ для расчета углеродного баланса лесов России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. Т. 3. С. 30-53.
19. Филипчук А.Н., Малышева Н.В., Моисеев Б.Н., Страхов В.В. Аналитический обзор методик учета выбросов и поглощения лесами парниковых газов из атмосферы // Лесохозяйственная информация: электронный сетевой журнал. 2016. № 3. С. 36–85.
20. Терехин Э.А. Изменение лесистости овражно-балочных систем юга Среднерусской возвышенности за последние десятилетия // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 42, № 2. С. 223–230.
21. Лесоуглеродный ресурс Беларуси / под общ. ред. Л.Н. Рожкова, И.В. Войтова, А.А. Кулика. Минск: БГТУ, 2018. 247 с.
22. Бабиков Б.В., Кобак К.И. Поглощение атмосферного углекислого газа болотными экосистемами территории России в голоцене. Проблемы заболачивания // Лесной журнал. 2016. № 1. С. 9-36.
23. Доклад о состоянии и использовании земель Белгородской области за 2019 год / под ред. Александровой Л.В. Белгород: Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Белгородской области, 2020. 95 с.
24. Стаценко Е.А. Планирование объектов экологического каркаса в структуре землеустройства Белгородской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Белгород: Изд-во БелГУ, 2012. 23 с.
25. Юдина Ю.В., Украинский П.А. Болота Белгородской области // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: Материалы VI международной научной конференции; Белгород, 12-16 октября 2015 года. Белгород: Полигтерра, 2015. С. 342-349.
26. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
27. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство / отв. ред. А.Г. Корнилов; Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество»; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Белгород: Константа, 2018. 199 с.
28. Лукин С.В. Влияние биологизации земледелия на плодородие почв и продуктивность агроценозов (на примере Белгородской области) // Земледелие. 2021. № 1. С. 11–15.
29. Голуусов П.В. Концепция ренатурации антропогенно нарушенных геосистем: методологические и прикладные аспекты // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-3. С. 556-564.

30. Голушов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. М.: ГЕОС, 2009. 210 с.
31. Артищев В.Е., Голушов П.В. Постселитебные геосистемы Белгородской области: физико-географическая характеристика и перспективы экологической реабилитации // Успехи современного естествознания. 2016. № 11-2. С. 334-338.
32. Goleusov P.V., Smirnova L.G., Martsinevskaya L.V., Kuharuk N.S. Evaluation of Carbon Assimilation by Regenerating Soils of the Central Black Earth Region of Russia // Research Journal of Applied Sciences. 2015. № 10(8). P. 415-418.
33. Китов М.В., Григорьева О.И., Цапков А.Н. О результатах оценки площади залежных земель в Белгородской области // Степной бюллетень. 2016. № 46. С. 29-35.
34. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Белгородской области в 2019 году / Правительство Белгородской области; Департамент агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды. Белгород, 2020. 217 с.
35. Доклад о состоянии и использовании земель Белгородской области за 2020 год / под ред. Александровой Л.В. Белгород: Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Белгородской области, 2021. 87 с.
36. Савенко В.С., Самсонов А.Л. Новый механизм поглощения углерода. Отыскание missing sink // Моделирование коэволюции природы и общества: проблемы и опыт. К 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Моисеева: Труды Всероссийск. научн. конф. Москва: ФИЦ ИУ РАН, 2017. С. 270-381.

СТАТЬИ

УДК 550.81

DOI

**ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ЭСХАЛЯЦИЮ РАДОНА В ГРУНТАХ
НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАНИ И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ**¹Апкин Р.Н., ²Сонин Г.В.¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань,
*e-mail: renat.apkin@gmail.com;*²ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
e-mail: gennadij.sonin@ksu.ru

Радиационные и геохимические исследования в области оценки объема и уровня эсхалации природных газов на территории Татарстана обычно фокусируются на поиске залежей нефти, оставляя в стороне экологические проблемы, такие как объем выхода опасного газа радона. Данное исследование направлено на изучение факторов, управляющих динамикой радона, уровнем его фонового значения. Геолого-геоморфологические компоненты природы Татарстана серьезно влияют на «поведение» и последующий выход радона на поверхность. Проведенное исследование позволит расширить знания о взаимосвязи геологической структуры, геоморфологии и функционирования радона с целью выявления особенностей его залегания на территории Казани и прилегающих территорий. Измерения включили 33 точки, приуроченные к двум разным, специально выделенным областям в зависимости от различной проницаемости грунтов. Параметры, фиксирующие уровень и объем радона, различаются на этих двух территориях, а в некоторых случаях наблюдались отклонения от общей картины в результате радикального антропогенного вмешательства. Данное исследование позволяет упрочить теоретические основы в области экологической оценки влияния радона на жизнь и здоровье населения, а также глубже понять практическую роль этого влияния в плане норм обеспечения безопасного радиационного уровня при выборе участков территорий под строительство зданий жилого, общественного и промышленного назначения.

Ключевые слова: эсхалация радона, геолого-геоморфологические условия, территория Казани, радиометр RTM 1688-2 GeoStation, антропогенное влияние, распределение уровня радона

**INFLUENCE OF GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL FACTORS
FOR RADON ESCHALATION IN SOILS IN THE TERRITORY
OF KAZAN AND ITS SURROUNDING**¹Apkin R.N., ²Sonin G.V.¹Kazan State Power Engineering University, *e-mail: renat.apkin@gmail.com;*²Kazan (Volga) Federal University, *e-mail: gennadij.sonin@ksu.ru*

Radiation and geochemical studies in the field of assessing the volume and level of exhalation of natural gases in the territory of Tatarstan usually focus on the search for oil deposits, leaving aside environmental problems, such as the volume of release of dangerous radon gas. This study is aimed at studying the factors that control the dynamics of radon and the level of its background value. Geological and geomorphological components of the nature of Tatarstan seriously influence the “behavior” and subsequent release of radon to the surface. Our research will expand knowledge about the relationship between the geological structure, geomorphology and functioning of radon in order to identify the features of its occurrence in the territory of the capital of the republic, the city of Kazan and adjacent territories. The measurements included 33 points, confined to two different, specially designated areas depending on different soil permeability. The parameters recording the level and volume of radon differ in these two territories, and in some cases deviations from the general picture were observed as a result of radical anthropogenic intervention. This study makes it possible to strengthen the theoretical foundations in the field of environmental assessment of the impact of radon on the life and health of the population, as well as to better understand the practical role of this impact in terms of standards for ensuring safe radiation levels when selecting areas for the construction of all types of buildings.

Keywords: radon exhalation, geological and geomorphological conditions, territory of Kazan, RTM 1688-2 GeoStation radiometer, anthropogenic influence, radon level distribution

Со времен геохимических и радиогенных исследований акад. В.И. Вернадского геологи занимаются вопросами дегазации планеты Земля [1]. На территории Татарстана газовыми съемками интересовались нефтяники, как одним из перспективных методов поиска нефти по метановому «дыханию» ее залежей. Предполагалось, что существующие метановые «шапочки» над

залежами содержат некоторое количество вездесущего и всепроникающего газа водорода, а также радиогенных гелия и радона, инертного азота и других газов. Радон как эманация, или продукт распада радия, действительно обнаруживался во многих случаях, и теперь, в связи с активизацией строительства подземных сооружений – например, метро, подземных переходов, торговых

точек и выбора мест для безопасных зон рекреации и отдыха – объемом выхода радона заинтересовались экологи.

Нормы и правила обеспечения безопасного радиационного уровня при выборе участков территорий под строительство зданий жилого, общественного и промышленного назначения подробно изложены в нормативных документах [2].

Цель исследования – изучение факторов, влияющих на уровень фонового значения радона. Среди них основными являются факторы, связанные с геологическим строением территорий.

Материалы и методы исследования

Создание метода поиска нефти с помощью газовых съемок, однако, не получило широкой поддержки, поскольку оконтуривание залежей не было достаточно четким – газовая аномалия получалась размытой. Сейсмический метод, как оказалось, дает четкие ограничения структурных поднятий и обеспечивает более надежный прогноз размещения поисковых скважин. Стало понятным, что размытость контуров аномалий создает диффузия газов через трещиноватые и пористые среды в горных породах. Для наших исследований такая информация служит указанием на плавность переходов и отсутствие контрастов в пограничных зонах между коренными и четвертичными породами на поверхности рельефа. На четкость контуров аномалий большое влияние оказывает распределение непроницаемых пород (флюидоупоров) и характер залегания водопроницаемых и водонасыщенных пластов по всему разрезу пород осадочного чехла. К флюидоупорам чаще

всего относятся глины, аргиллиты, соляные и гипсоносные толщи, а хорошо проницаемы для газов и жидкостей пески, песчаники, кавернозные и рифогенные известняки и разбитые сетью трещин другие плотные породы метаморфического и даже магматического происхождения [3].

В приповерхностной зоне республики Татарстан в окрестностях г. Казани наблюдается широкое развитие карстовых процессов и провальных явлений, связанных с гипсоносными толщами сакмарского яруса перми. Неотектоническая и бэровская миграция глубоких врезов палеорусел Волги, Казанки, Камы и их притоков вскрывает в широких пределах верхние слои палеозоя в окрестностях Казани до глубины 200–300 м, облегчая тем самым вертикальную миграцию радона из более глубоких горизонтов земной коры. Проследить расположение переуглубленных палеорусел по всему разрезу без доступа к данным радиоактивного и теплового каротажа по многим скважинам на сейсмических профилях в настоящее время не представляется возможным по причине закрытости соответствующих материалов. Поэтому при анализе получаемых замеров активности выхода радона для экологических целей приходится ограничиться опубликованными данными, существующими в геологической и гидрогеологической литературе и наличием структурными картами нефтепоисковых организаций [4–6]. Использование этих данных во многих случаях позволяет получить удовлетворительное объяснение распределения значений выходов радона на контрольных точках, которые представлены на фрагменте космического снимка Google Earth Pro (рис. 1).

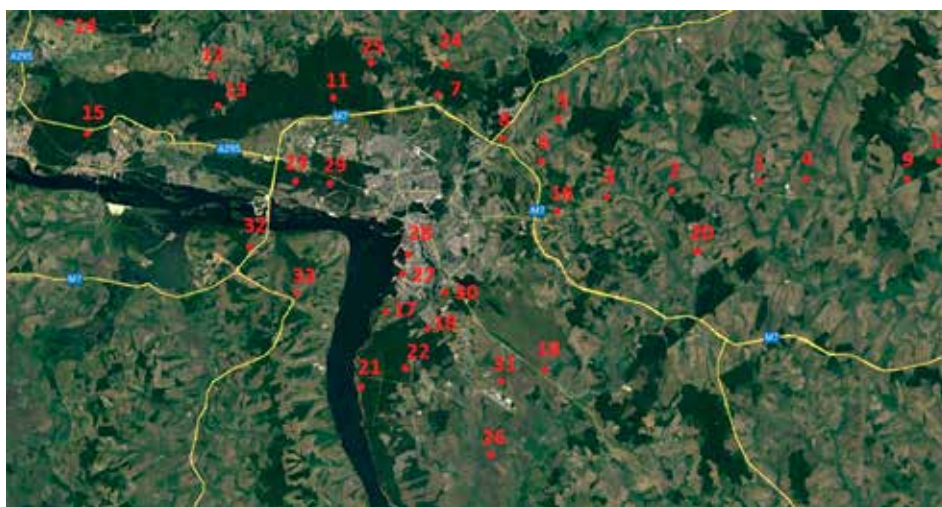


Рис. 1. Точки замеров на территории г. Казани и Приказанья

Измерения проводились радиометром RTM 1688-2 GeoStation производства немецкой фирмы «SARAD» GmbH (рис. 2). Этот прибор был разработан на основе прибора RTM-1688. Для измерения почвенного газа вместо внутренней измерительной камеры стандартного прибора используется отдельно подключаемый зонд. Корпус зонда выполнен из высококачественной стали; диаметр его составляет 80 мм. Наряду с измерительной камерой радона в устройство интегрированы сенсоры температуры и влажности. Малое время отклика, при резком изменении концентрации газа, достигается наличием большой силиконово-диффузионной мембраны. Зонд подключается через кабель длиной до 10 м к аналоговому

датчику радона. Этот датчик рассчитывает текущую концентрацию радона и вырабатывает на выходе аналоговый сигнал. При проведении полевых работ значения объемной активности радона на выбранных точках были получены с помощью зонда на глубине 0,5 м [7].

Результаты исследования и их обсуждение

В 2023 г. проведены исследования на 33 контрольных точках. Полученные значения объемной активности радона, температуры, влажности и атмосферного давления, а также возрасты пород, на которых расположены контрольные точки, отражены в таблице.

Данные измерений на контрольных точках

№	Объемная активность радона, Бк/м ³	Температура грунта, °С	Влажность грунта, %	Атмосферное давление, мм рт. ст.	Возраст пород: палеозой (Pz), кайнозой (Kz)
1	18261	16	77	734	Pz
2	31594	5	79	741	Pz
3	27047	9	84	748	Pz
4	10964	11	71	747	Pz
5	20141	9	82	739	Pz
6	15151	10	78	754	Pz
7	10476	8	88	757	Kz
8	19670	9	81	761	Pz
9	17141	9	76	755	Pz
10	15946	10	73	746	Pz
11	2112	9	87	749	Kz
12	25717	11	83	755	Pz
13	1899	10	89	757	Kz
14	7928	11	87	757	Kz
15	10778	14	87	746	Kz
16	36294	17	87	734	Pz
17	18586	15	86	744	Kz
18	8164	15	88	746	Kz
19	11493	15	85	744	Kz
20	10603	17	87	744	Pz
21	6857	15	88	750	Kz
22	4008	17	87	744	Kz
23	5569	14	90	751	Kz
24	38288	15	88	745	Pz
25	17929	14	88	747	Pz
26	9974	16	86	755	Kz
27	18568	17	84	754	Kz
28	5994	20	86	753	Kz
29	3283	17	95	760	Kz
30	5706	13	86	761	Kz
31	7928	4	89	758	Kz
32	12307	4	96	737	Pz

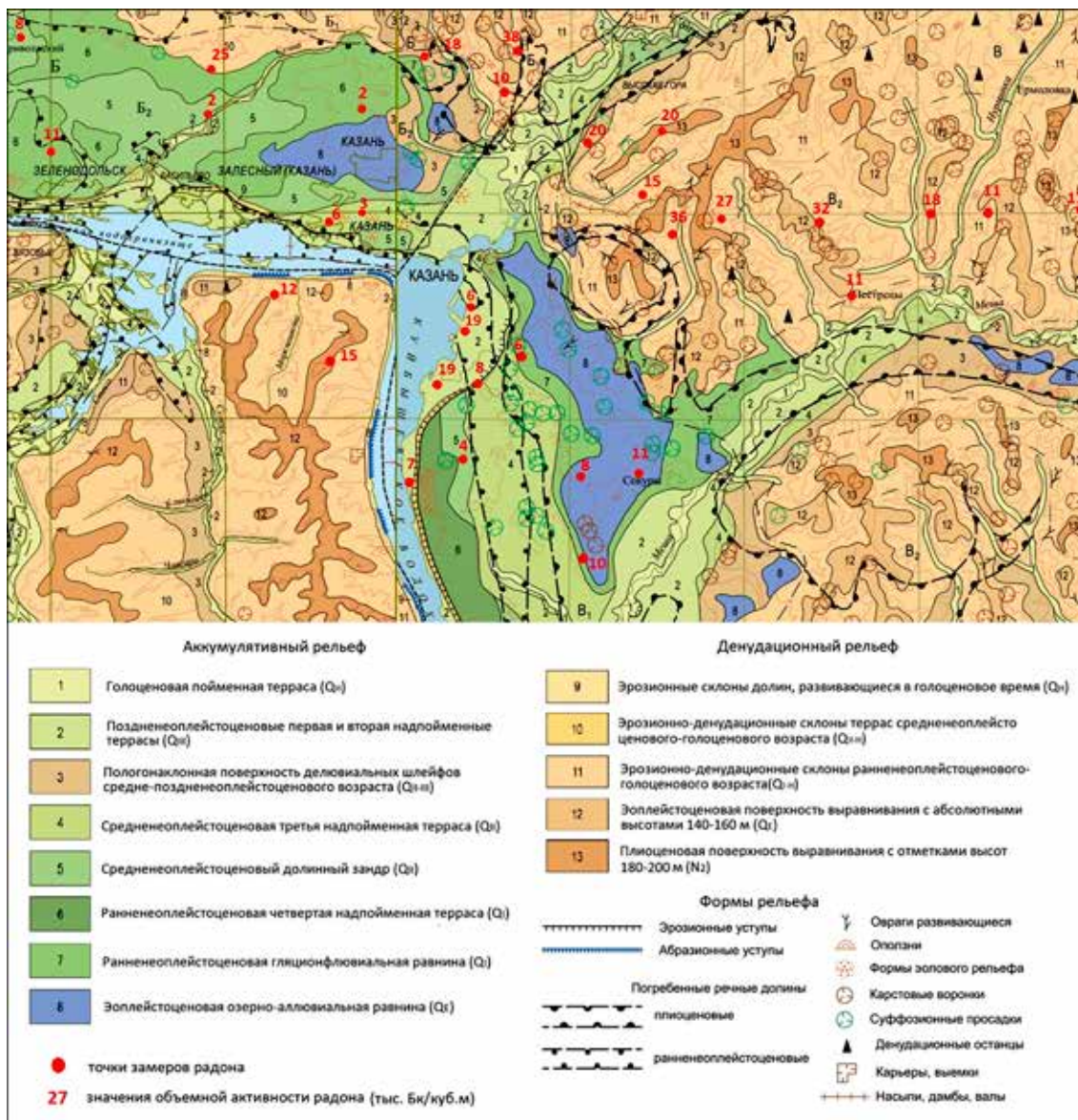


Рис. 2. Значения объемной активности радона в грунтах различного происхождения

Для обработки количественных данных использовались возможности программы Excel, для картографического анализа послужили имеющиеся карты четвертичных отложений, структурные карты поверхности дочетвертичных отложений и геоморфологические карты государственной геологической съемки [8].

Ниже представлена геоморфологическая карта со значениями объемной активности радона в грунтах различного происхождения (рис. 2).

На предлагаемой карте выделяются два поля точек, приуроченных к участкам с различным геологическим строением окрестностей Казани.

1. Поле неглубокого, поверхностного залегания карбонатных и глинистых пород палеозоя с тонким чехлом делювиальных отложений и присущим им почвенно-растительным покровом. На карте они попадают на формы денудационного рельефа.

2. Поле песчано-гравийных аллювиальных отложений кайнозоя вдоль долины Волги с мощным чехлом суглинков и песков и разнообразным по составу почвенно-растительным слоем. На карте они попадают на формы преимущественно аккумулятивного рельефа.

Гистограммы распределения значений довольно четко различают оба выделенных поля (рис. 3).

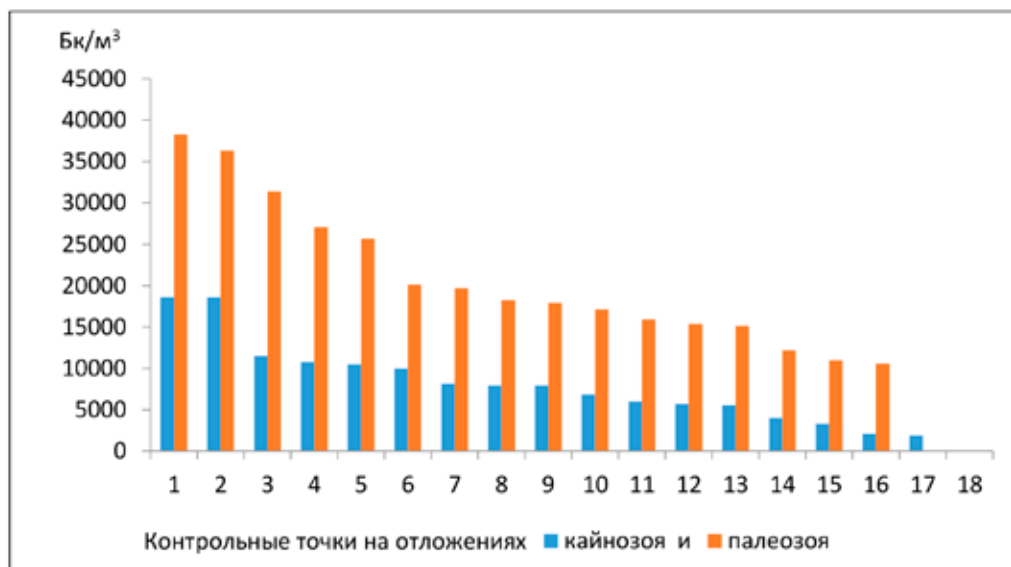


Рис. 3. Распределение объемной активности радона на отложениях кайнозоя и палеозоя

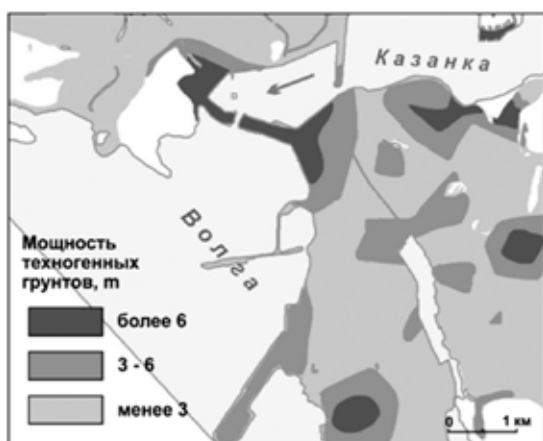


Рис. 4. Мощность техногенных грунтов на территории Казани [9]

Две контрольные точки, приуроченные к левобережью р. Волги ниже по течению, южнее Казани под номерами 17 и 27 (рис. 1), выпадают из общей картины выделенного авторами поля аллювиальных отложений, значения их составляют около 19 тыс. Бк/м³ (рис. 3).

Во многих случаях подобные квазианомальные точки в поле однородных геологических условий обнаруживают взаимосвязь с антропогенным фактором: недавним техногенным воздействием на почвенно-грунтовые условия, особенно в окрестностях города Казани (рис. 4).

При создании Куйбышевского водохранилища на р. Волга в 1950-х гг. в окрестностях г. Казани предусматривалось полное

затопление территории пойменной и подтопление высокой надпойменной террасы р. Волги и Казанки. Для сохранения некоторых пастбищно-кормовых угодий и предохранения некоторых подтопленных участков города были приняты особые меры: создание заградительных насыпных и бетонных дамб и проведение параллельно им водосборных и отводных каналов вокруг города для аккумуляции весенне-паводковых вод и вод, фильтрующихся через грунт из самого Куйбышевского водохранилища при высоком стоянии его уровня. Было создано несколько водосборных бассейнов и водоотливных станций для понижения уровня и перекачки избыточных вод через водозаградительные дамбы обратно в р. Волгу. В дополнение к этому были произведены площадные подсыпки грунтов для подъема уровня некоторых территорий города. Для этого использовались отходы (зола от угольного и мазутного топлива) нескольких ТЭЦ г. Казани, которые складировались раньше в виде терриконов или засыпались в старичные озера и болота вокруг города. Чтобы легкие фракции золы летом не раздувались ветром, зольные слои засыпались толстым слоем (от 2 м и более) речного песка, взятого земснарядами из русла Волги и из ее террас. Таких территорий много в Московском, Ново-Савиновском и Кировском районах города [9]. Слежавшаяся за многие годы зола ТЭЦ с обильным содержанием стеклянных осколков от нагара нагнетательных форсунок печей ТЭЦ превратилась в черные

плотные слои, покрывающие первичный природный почвенно-растительный слой и почвенный мелкозем вместе с элювием и делювием коренных пород. Они сильно изменили первичную картину распределения существующих потоков выхода радона.

Выравнивание поверхности рельефа при этих мероприятиях привело к тому, что насыпные грунты имеют теперь очень неравномерную мощность, что сильно влияет на их водо- и газопроницаемость. Это и порождает пестроту значений выходов радона на поверхность и не должно восприниматься как ошибочные измерения, а также пестрота (контрастность) значений на соседних точках и разброс показаний

связаны со свойствами самого грунта и его способностью уплотняться до первичного состояния.

В предлагаемом анализе получаемых данных трещины тектонического происхождения представляют для наших исследований наибольший интерес, поскольку имеют глубокое заложение и почти вертикальные углы падения при достаточно хорошей раскрытости (т.е. ширине) и густоте их расположения в различных участках местности. Само расположение трещинных деформаций над антиклинальными структурами или рядом с линиями глубинных разломов также оказывало влияние на распределение трещин во всей толще палеозоя Татарстана.

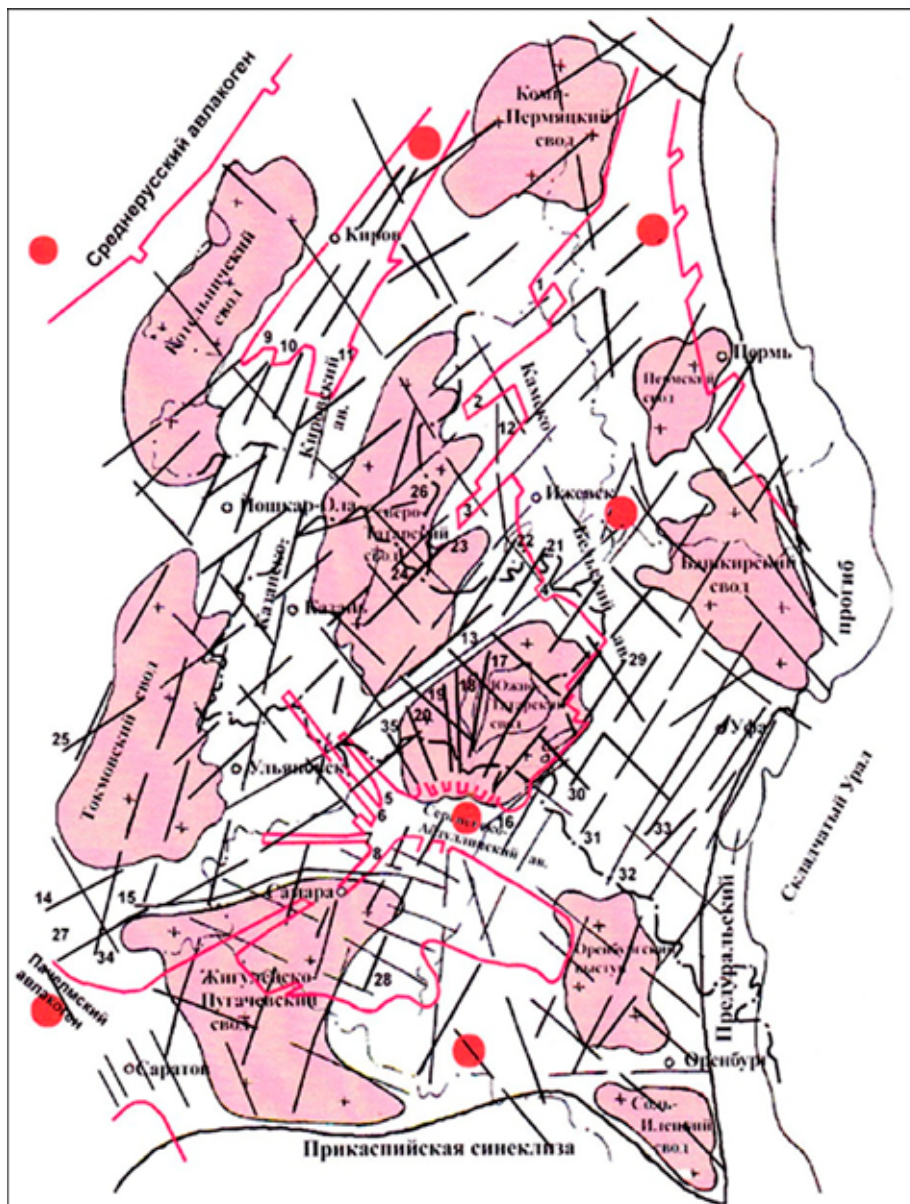


Рис. 5. Тектоническая схема Волжско-Камской антеклизы [10]

Город Казань, как известно, расположен над относительно узким Казанско-Кировским прогибом между двух выступов кристаллического фундамента – Токмовским сводом и северным куполом Татарского свода, ограниченных глубинными разломами. Они имеют глубокое заложение и, как авторы предполагают, обеспечивают пути миграции радона из первичных зон его генерации среди гранитоидных интрузий в фундаменте и в авлакогенах (глубоких впадинах) фундамента Волго-Камской антеклизы и на Татарском своде [6, 10].

При анализе использовались также некоторые данные по распределению сейсмически установленных зон разуплотнения пород, известных в Татарстане как зоны малых скоростей, приуроченных к закарстованным толщам гипсов и ангидритов сакмарского яруса перми. Эти зоны с их пустотами и скрытыми пещерами, несомненно, влияют на горизонтальную миграцию скоплений радона.

В верхних частях кайнозойского разреза вдоль долины Волги на выходы радона основное воздействие оказывают литологические разности пород обломочных отложений. Грубые и разнородные пески и гравийно-галечные скопления, слагающие террасы, обычно выступают как хорошие проводники, тогда как глинистые отложения древнего старичного аллювия среди этих отложений могут играть роль местных экранов и препятствий для продвижения глубинных потоков газа вдоль палеорусел и видимых в рельефе врезов Волги (майтугах) и ее притоков [11].

Заключение

Трещиноватость пород обуславливает проницаемость верхней части осадочного чехла, и, хотя в четвертичных рыхлых породах на склонах рельефа трещины открыто не проявляются, исследования обнаруживают, что выходы глубинных газов над ними легче осуществляются. Поэтому на карте выделяются два поля, а на гистограмме две зоны различной проницаемости грунтов, определяющие особенности распределения активности выходов радона на изучаемой площади. Легкие газы, такие как водород, метан и гелий, быстро разносятся в подвижной атмосфере, тогда как радон, как тяжелый газ, имеет тенденцию стекать в понижения рельефа и задерживаться в них.

Полученные материалы и результаты их интерпретации авторы рассматрива-

ют как первый опыт использования имеющейся аппаратуры для осуществления крупномасштабных площадных экологических и гидрогеологических исследований с целью обнаружения опасных участков возможных скоплений радона в низинах пригородных зон г. Казани.

Принимая во внимание большой удельный вес радона, его способность формировать застойные зоны в понижениях рельефа и адсорбцию его органикой, для повышения надежности полевых исследований имеет смысл предпринять изучение и последующее использование корреляции концентраций радона с массовыми выходами других, более подвижных и легких газов.

Список литературы

1. Бочаров В.Л., Строганова Л.Н. Геохимические идеи В.И. Вернадского и развитие атомной энергетики современной России // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 2. С. 493–498.
2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 (с изменениями на 16 сентября 2013 года) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902214068> (дата обращения: 10.08.2023).
3. Ступакова А.В., Поляков А.А., Малышев Н.А., Сауткин Р.С., Вержбицкий В.Е., Комиссаров Д.К., Волянская В.В., Осипов С.В., Большакова М.А., Суслова А.А., Калмыков А.Г., Ситар К.А., Воронин М.Е., Карпушин М.Ю., Мордасова А.В., Коробова Н.И. Критерии нефтегазоносности осадочного бассейна // Георесурсы. 2023. Т. 25. № 2. С. 5–21.
4. Мирзоев К.М. и др. Глубинный карст и современные движения земной поверхности в Татарстане // Георесурсы. 2006. № 1 (18). С. 44–47.
5. Сунгатуллин Р.Х., Хасанов Р.Р. Подземные воды некаменноугольных отложений Татарстана в связи с перспективной комплексной разработки месторождений углеводородного сырья // Георесурсы. 2013. № 3 (53). С. 41–43.
6. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений / Под ред. Р.Х. Муслимова. В 2-х т. Т. 1. Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2007. 316 с.
7. SARAD GmbH [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sarad.de/index.php> (дата обращения: 15.08.2023).
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Издание второе. Карта четвертичных образований. Средневожская серия / Геологическая Библиотека [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geokniga.org/labels/22324> (дата обращения: 20.08.2023).
9. Жаркова Н.И., Черныйчук Г.А., Жарков И.Я. Техногенные грунты г. Казани: особенности формирования состава, строения и свойств // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. 2013. Т. 155. Кн. 4. С. 130–143.
10. Зинатуллина И.П., Петрова Р.Д. Трещиноватость горных пород продуктивных горизонтов на юго-востоке южно-татарского свода // Недра Поволжья и Прикаспия. 2019. № 100. С. 62–69. DOI: 10.24411/1997-8316-2019-110005.
11. Петрова Е.В. Перестройка речной сети и направленность смещения водоразделов в пределах территории Республики Татарстан в четвертичное время // Вестник Улмургского университета. 2019. Т. 29. № 2. С. 252–257. DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-2-252-257.

УДК 553.98
DOI

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ ЯКУТСКОГО ПОДНЯТИЯ

Калинин А.И.

*ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр» Сибирского отделения Российской академии наук,
Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук,
Якутск, e-mail: alexklmn@mail.ru*

Северный склон Якутского поднятия охватывает Северо-Алданскую нефтегазоносную область и частично Предверхоанскую и Вилуйскую нефтегазоносные области. Потенциальная нефтегазоносность Северного склона Якутского поднятия связана с широким стратиграфическим диапазоном перспективных комплексов отложений (венд-кембрийский, пермо-триасовый и юрско-меловой). Все эти комплексы имеют подтвержденные нефте- или газопроявления разной интенсивности. Наиболее перспективными отложениями в плане нефтегазоносности представляются терригенно-карбонатные пласты венд-кембрийского комплекса, приуроченные к низам верхней подсвиты юдомской свиты венда. Относительно эффективным флюидоупором для вендских углеводородов может выступать пестроцветная свита нижнего кембрия, сложенная плотными заглинизированными карбонатными породами. Перспективы пермо-триасового и юрско-мелового комплексов отложений будут определяться отсутствием или наличием зональных и локальных флюидоупоров, в том числе и нетрадиционных мерзлотно-гидратных. Таким образом, в разрезе выделяются несколько нефтегазоносных комплексов разного происхождения и с разными видами флюидоупоров. Проведенный краткий обзор перспективных нефтегазоносных комплексов Северного склона Якутского поднятия подчеркивает необходимость постановки первоочередных геологоразведочных работ на нефть и газ. Уточнение геологического строения изучаемого района позволит выделить наиболее перспективные зоны и участки для планирования и постановки поисковых работ.

Ключевые слова: Якутское поднятие, нефтегазоносность, комплексы отложений, венд-кембрийский, пермо-триасовый, верхнеюрско-нижнемеловой

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках Госзадания Министерства науки и высшего образования РФ № 122011100158-1 с использованием научного оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН в рамках гранта № 13.ЦКП.21.0016.

PROMISING OIL AND GAS COMPLEXES ON THE NORTHERN SLOPE OF THE YAKUT UPLIFT

Kalinin A.I.

*Federal Research Centre – The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Institute of Oil and Gas Problems of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: alexklmn@mail.ru*

The northern slope of the Yakut uplift covers the North Aldan oil and gas bearing region and partially the Pre-Verkhoyansk and Vilyui oil and gas bearing regions. The potential oil and gas content of the Northern slope of the Yakut uplift is associated with a wide stratigraphic range of promising sediment complexes (Vendian-Cambrian, Permian-Triassic and Jurassic-Cretaceous). All these complexes have confirmed oil or gas occurrences of varying intensity. Terrigenous-carbonate formations of the Vendian-Cambrian complex are the most promising deposits in terms of oil and gas potential, confined to the lower part of the upper sub-suite of the Yudom formation of the Vendian. A relatively effective fluid seals for the Vendian hydrocarbons can be the variegated formation of the Lower Cambrian, composed of dense mudded-off carbonate rocks. The prospects of Permian-Triassic and Jurassic-Cretaceous sediment complexes will be determined by the absence or presence of zonal and local fluid seals, including non-traditional permafrost hydrate. Thus, several oil and gas complexes of different origin and with different types of fluid seals are identified in the section. A brief overview of the promising oil and gas complexes of the Northern slope of the Yakut uplift emphasizes the need for priority geological exploration for oil and gas. Clarification of geological structure of the studied area will make it possible to identify the most promising zones and sites for planning and organizing exploration work.

Keywords: Yakut uplift, oil and gas content, sediment complexes, Vendian-Cambrian, Permian-Triassic, Upper Jurassic-Lower Cretaceous

The work was carried out with financial support within the framework of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 122011100158-1 using scientific equipment of the Center for Collective Use of the Federal research center «Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» within the framework of grant No. 13.TsKP.21.0016.

Северо-Алданская НГО является одной из первых территорий в Республике Саха (Якутия), где проводились целенаправленные работы по поиску месторождений нефти и газа (1933–1955 гг.). К сожалению, работы не увенчались открытием месторождений нефти и газа. Были получены различного масштаба прямые признаки нефтегазоносности, которые послужили основой для планирования дальнейших поисковых работ. Объективными причинами отрицательных результатов представляются: неудачно выбранные районы первоочередных работ из-за слабой изученности, проведение буровых работ без подготовки площадей геофизическими методами, низкий технический и технологический уровень бурения и испытания глубоких скважин в экстремальных горно-геологических условиях, традиционная нацеленность на поиск антиклинальных структур и др.

В 2022 г. на Мухтинском лицензионном участке по результатам геологоразведочных работ открыто Мухтинское газовое месторождение и выполнен оперативный подсчет запасов свободного газа по залежам в отложениях толбачанской и чарской свит. По величине начальных извлекаемых запасов газа месторождение относится к крупным, по сложности геологического строения – к сложным. Это месторождение по сути является первым открытым на территории обширной Северо-Алданской НГО [1].

Осадочный чехол Северо-Алданской ПНГО представлен верхнепротерозойскими, нижнепалеозойскими и верхнепалеозойско-мезозойскими отложениями. Условно ПНГО делится на северо-западный, юго-восточный и северный районы.

Перспективы нахождения нефти и газа в северо-западном районе ассоциируются с областями генерации углеводородов (УВ) в рифейских и вендских отложениях, а также в отложениях ниже-среднего кембрия Патомского сегмента на окраине Сибирской платформы. В юго-восточной части прогнозы связаны с рифейско-вендскими отложениями Алдано-Майской впадины. Северный склон, включая Якутское поднятие, связан с возможными источниками углеводородов в верхнепалеозойских и мезозойских (возможно, даже кайнозойских) отложениях палеозойско-нижнемезозойской континентальной окраины Сибирской платформы. Эти зоны представляют собой ключевые области для дальнейшего изучения и разработки рекомендаций в целях поиска нефтегазовых ресурсов.

Здесь не исключаются залежи, связанные с более ранними генерациями (нижний палеозой и докембрий).

По комплексу параметров, таких как наличие отложений широкого стратиграфического диапазона, благоприятная тектоническая позиция и относительная близость к промышленным территориям и транспортным цепочкам, Северный склон Якутского поднятия можно считать одной из приоритетных территорий Северо-Алданской НГО для геологоразведочных работ на нефть и газ.

Северный склон Якутского поднятия охватывает Северо-Алданскую нефтегазоносную область и частично Предверхоянскую и Вилюйскую нефтегазоносные области.

Потенциальная нефтегазоносность Северного склона Якутского поднятия в отличие от остальных геологических районов Северо-Алданского НГО связана с широким стратиграфическим диапазоном перспективных комплексов отложений (венд-кембрийский, пермо-триасовый и юрско-меловой) [2].

Целью исследований является выделение наиболее перспективных комплексов отложений на опосредованное опосредование залежей нефти и газа в пределах Северного склона Якутского поднятия.

Материалы и методы исследования

Для выделения перспективных комплексов отложений в пределах Северного склона Якутского поднятия применены методы сравнительного анализа на основе всей имеющейся опубликованной научной литературы и фондовых отчетов, характеризующей осадочный чехол изучаемой территории и промысловые данные по отдельным скважинам.

Наиболее перспективные комплексы отложений

Венд-кембрийский комплекс

В северо-западной части нефтегазоносного округа (НГО), находящейся недалеко от Патомского НГО, в ранний период поисковых работ по нефти и газу (в 1930–1940-х гг.) были обнаружены первые прямые подтверждения наличия нефтяных месторождений в древних отложениях Якутии. В ходе буровых работ в бассейне реки Туолба (по правому берегу р. Лены) на территории Ченкиямской площади были зафиксированы слабые притоки жидкой нефти, что стало важным указанием на потенциал данного региона в контексте добычи нефти [3].

Первый на территории Якутии промышленный приток газа был получен на северо-западном склоне Алданской антеклизы из скважины № 1 на Русскореченской площади в 1953 г. Аварийный выброс природного газа с ориентировочным дебитом до 100 тыс. м³/сут был получен предположительно из рифейских отложений [4]. После обсадки и цементации скважины повторное испытание не дало результатов. Исчезновение притока газа из скважины объясняли следующими возможными причинами: образованием гидратов в призабойной зоне пласта, выработкой небольшой линзы газа, дегазацией залежи тяжелой нефти и глубоким проникновением цемента в призабойную зону пласта. Бурение и испытание скважин-дублеров (Русскореченские 2 и 3) также не дало результатов. Было сделано предположение, что промышленный приток мог быть получен из глубинных горизонтов, подпитывающих по разрывному нарушению район Русскореченской скважины № 1 [5].

Во вновь открытом Мухтинском газовом месторождении промышленные притоки газа получены из отложений толбачанской и чарской свит нижнего кембрия. Дебиты газа небольшие – 28–29 тыс. м³/сут. Залежь в чарской свите пластовая, тектонически экранированная, размером 9,8x26 км, вскрыта двумя скважинами. Эффективная газонасыщенная толщина составляет 10,5 м в скважине № 2210 и 24,4 м в скважине № 647-1. Залежь в толбачанской свите пластовая, тектонически экранированная, размером 5,3x11,1 км, вскрыта одной скважиной № 647-1 (эффективная газонасыщенная толщина – 11,6 м).

По *северной части* Северо-Алданской НГО установленные признаки нефтегазонасыщенности связаны со среднекембрийскими отложениями.

В 1939 по 1941 г. в с. Покровка Амгинского улуса были пробурены колонковые скважины на структуры, выделенные О.В. Флёровой. В скважинах по трещинам кливажа отмечены примазки асфальта, полужирной нефти. В 1,5 км северо-восточнее с. Болугур Амгинского улуса в 1985 г. пробурена поисковая гидрогеологическая скважина Амга 1-П с глубиной 503 м. Здесь, в танхайской свите среднего кембрия, выявлены нефтенасыщенные известняки в интервале глубин 375–377 м. Поднятая нефть в керне при комнатной температуре высачивается из каверны. В скважине 3-Т у устья руч. Бере (р. Амга) пропитанные нефтью извест-

няки подняты с интервала глубин 70–75 м. В скважине 1-Т, расположенной на участке «Амга» (вблизи п. Амга), выявлена сильная битуминозность в интервале глубин 53,0–57,5 м в трещиноватых и кавернозных песчаниках нижнеюрского возраста. В битуминозных породах скважин 1-П и 1-Т содержание битума 10%. Было сделано предположение о присутствии в этом районе нефтяной залежи, которой было дано условное название Болугурская.

В 2012 г. исследователями Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук было обнаружено месторождение нефти на левом берегу реки Амга, на расстоянии 60 км выше по течению от скважины 1-П. Это нефтепроявление отличается от нефтепроявлений, найденных в скважине 1-П в районе Болугурской, которые принадлежат к классу мальт. Наоборот, анализ битумоидов, извлеченных из доломитизированного известняка в этом районе, показал, что они относятся к асфальтам. Анализ состава и распределения алифатических углеводородов указывает на то, что не было заметных следов бактериального окисления. Эти факты позволяют сделать вывод о том, что эта нефть появилась на поверхности довольно недавно [6].

Непосредственно на изучаемой территории вендские и кембрийские отложения вскрыты на Урдахской, Кенкеменской площадях.

В Урдахской зоне венд представлен отложениями юдомской свиты. Нижняя подсвита в основании сложена преимущественно песчаниками, вверх по разрезу сменяющимися доломитами. Мощность подсвиты достигает 260 м. Верхняя подсвита сложена преимущественно доломитами. Мощность подсвиты около 130 м. В Урдахской скважине терригенные отложения венда по данным лабораторного анализа керна имеют открытую пористость от 0,4 до 1,6% (10 определений). Вскрытые толщины вендских отложений на Кенкеменской площади составляют 47,6 м в скважине КП-1 и 42 м в скважине 1-К. Открытая пористость песчаников не превышает 4%, что не позволяет ожидать наличия гранулярных коллекторов в пределах Кенкеменской площади. Вместе с тем общая толщина вендских отложений в районе исследований по данным сейсморазведки оценивается в 400 м, что не исключает наличия проницаемых трещиноватых горизонтов в нескрытой части. Например, в Предпатомском региональном прогибе

быхтахский терригенный горизонт при открытой пористости 4% за счет высокой трещиноватости является продуктивным и дебиты газа достигают почти 1 млн м³/сут.

Определенный интерес представляют карбонатные отложения верхней подсвиты юдомской свиты. В нижней части верхней подсвиты выделяются пласты-коллекторы, в том числе терригенный пропласток с пористостью до 9,1%. Удовлетворительные фильтрационно-емкостные свойства подтверждаются получением притока фильтра промывочной жидкости дебитом 273,6 м³/сут в интервале 1679–1807 м.

Достаточно эффективными флюидопорами для углеводородов вендской генерации могут выступать отложения пестроцветной свиты нижнего кембрия, сложенные

плотными заглинизированными породами (рисунок).

В скважинах Кенкемена был обнаружен разрез иниканской свиты, принадлежащей нижнему-среднему кембрию и имеющей максимальную толщину до 84 м (слоя К-3). Эта иниканская свита считается хронологическим и химическим аналогом куонамской горючесланцевой формации. Куонамская формация широко признана исследователями за ее высокий потенциал в содержании нефтяных материалов, который заметно превосходит аналогичные стратиграфические уровни палеозоя и мезозоя на Сибирской платформе. Этот потенциал открывает перспективы для дальнейших исследований и разработки нефтяных ресурсов в данном регионе.

Система	Отдел	Свита	Толщины	Флюидопоры	Резервуар
Палеоген-неогеновая			0+800		подмерзлотно-гидратный
Меловая	нижний		0+1000		подмерзлотно-гидратный
Юрская	верхний	бергеинская	~320		подмерзлотно-гидратный
		марькчанская	111+126		
		нижневилуйская	97+165		
	средний	якутская	0+186-546,5	среднеюрский	
нижний	сунтарская	40+50		нижнеюрский	
	кызылсырская	~350			
Пермская	верхний	нерасчлененные	0-81-117		
Кембрийская	средний	чайская	0+650		нижнесреднекембрийский
		усть-майская			
	ниж.-средн.	иниканская	56+84		венд-кембрийский
Вендская	верхний	верхне юдомская	0+130		
		нижне юдомская	0+230		



Расчленение перспективных комплексов отложений на Северном склоне Якутского поднятия
 Условные обозначения: 1 – региональные флюидопоры; 2 – зональные и участковые флюидопоры; 3 – нетрадиционные флюидопоры (мерзлотно-гидратные); 4 – границы резервуаров; 5 – условные границы резервуаров

При наличии подходящих геологических условий, нефтяные месторождения, связанные с куонамскими отложениями, могут располагаться как в покрывающих слоях, так и в самих углеродистых породах, принадлежащих к нижнему и среднему кембрию [7]. В пределах изучаемой территории можно выделить отдельный ниже-среднекембрийский перспективный нефтегазоносный комплекс (рисунки).

Пермо-триасовый комплекс

Отличительными чертами непосредственно самих пермских залежей Хапчагайского мегавала определенно являются наличие аномально высоких пластовых давлений (АВПД), сложное строение продуктивных горизонтов и небольшие величины дебитов (100–150 тыс. м³/сут) [8]. Залежи надежно экранируются пачкой аргиллитов неджелинской свиты нижнего триаса. На некоторых структурах неджелинской свиты установлены газовые залежи, часть которых имеет АВПД.

К таганджинской свите нижнего триаса приурочена большая часть установленных запасов газа и конденсата Хапчагайского мегавала. Пластовые давления близки к условному гидростатическому. Дебиты скважин достигают в среднем 350–500 тыс. м³/сут, в редких случаях – до 1 млн м³/сут. Коллекторы таганджинской свиты перекрываются аргиллитами мономской свиты нижнего триаса. В пределах Средневиллойской и Толонской площадей мономская свита также содержит газоконденсатные залежи.

Надо заметить, на некоторых газоконденсатных месторождениях Хапчагайского мегавала установлены незначительные по толщине нефтяные оторочки [9].

Исходя из данных, полученных в результате сейсморазведочных исследований и глубокого бурения, в данной области можно ожидать выступления отложений пермской эпохи и, возможно, триасовых отложений. По результатам бурения Ивановской скважины, которая имеет глубину от 3506 до 3387 м, видно, что пермские отложения включают в себя песчаники с прослоями аргиллитов и алевролитов.

Существует спорное мнение относительно наличия триасовых отложений в скважине Ивановской. По данным ПГО «Лена-нефтегазгеология», на глубине 3508–3022 м имеются пермские отложения, под которыми находятся породы кызылсырской свиты нижней юры. В то время как М.И. Алексеев с соавт. выделяют неджелинскую, таганджинскую и мономскую свиты на глубине

3387–3184 м. Исходя из их данных, возраст этих отложений определяется спорово-пыльцевым комплексом, выделенным на глубине 3279–3184 м, который напоминает комплексы нижнетриасовых отложений Виллойской синеклизы. Согласно Г.В. Ивенсену, породы в этой части скважины Ивановской схожи с пермскими породами Виллойской синеклизы и Предверхоаянского прогиба по их петрохимическим свойствам. Кроме того, глинистая составляющая пород в этом интервале представлена гидрослюдой, в то время как характерным признаком нижнетриасовых отложений синеклизы и прогиба является преобладание монтмориллонита в этой составляющей. Помимо этого, палинологические исследования кернового материала, полученного из скважин, пробуренных на южном склоне Якутского поднятия, позволили выявить три комплекса растительных остатков, которые характерны для сообществ наземных растений позднепермской эпохи.

В Урдахской зоне пермские отложения залегают на венд-кембрийских отложениях и перекрываются кызылсырской свитой нижней юры.

Исходя из имеющихся фактических данных и особенностей распространения триасовых отложений на южном борту Виллойской синеклизы [10], с большей долей уверенности, на северном склоне Якутского поднятия можно выделить преимущественно пермский комплекс отложений. В пределах Виллойской синеклизы, в том числе по южному борту, пермские отложения находятся на главных стадиях газообразования [11].

В условиях отсутствия триасовых отложений в качестве экрана для пермских газовых углеводородов могут рассматриваться глинистая сунтарская свита нижней юры. Совместно с кызылсырской свитой они составляют нижнеюрский резервуар. Имеются предположения, что на Северном склоне Якутского поднятия происходит уменьшение толщины и опесчанивание сунтарской свиты – регионального флюидоупора раннеюрского возраста. В этом случае весь остаточный потенциал пермских отложений будет аккумулирован вышележащим нижнесреднеюрским резервуаром.

Юрско-меловой комплекс

В середине 1950-х гг. на северном склоне Якутского поднятия была пробурена Намская опорная скважина на глубину 3003 м. В ходе бурения были обнаружены отложения юрского и мелового периодов (предположительно бурение было прекращено на отложениях нижней юры).

Газопроявления из гидрогеологических скважин

Скважина	Интервал	Порода, возраст	Признак газоносности
Тандинский профиль Скв. 150-к	218,1–271,5	Песчаники. Неоген.	Слабый спонтанный выход метанового газа (метан до 71,12%)
Скв. 1. Пос. Борогонцы, оз. Мюрю	422–551	Батылхская свита. Нижний мел	Спонтанные (на изливе) выходы газа с содержанием метана 84,3–98,2%
Скв. 4. Кептени	436–496	Батылхская свита. Нижний мел	Спонтанный выход газа, метан до 73,6%
Скв. Дюпся	432	Батылхская свита. Нижний мел	Свободное выделение газа. Состав и дебит не определены
Скв. 2. Тумул	273–501	Батылхская свита. Нижний мел	Получен водорастворенный азотный газ с азотом до 60%

Важно отметить, что во время испытанной скважины из разных горизонтов были получены пластовые воды с растворенными газами. Рассчитанный дебит воды из нижнеюрского интервала (глубина 2364–3003 м) составил 430 кубических м в сутки.

Весьма вероятно, приведенные выше газопроявления обязаны своим происхождением сунтарской свите нижней юры. Она сложена преимущественно морскими глинистыми осадками и повсеместно распространена в пределах Вилюйской синеклизы. Несмотря на небольшую толщину (26–32 м) свита интенсивно обогащена сапропелевым органическим веществом, что делает ее одной из главных нефтегазоматеринских толщ Вилюйской синеклизы [12].

Теоретически нижнеюрские УВ могут экранироваться среднеюрскими глинистыми пластами локального или зонального распространения. Исследования [13] указывают на присутствие палеонтологических остатков морского седиментогенеза в отложениях среднеюрского возраста в пределах изучаемой территории. Морские условия осадконакопления подразумевают наличие глинистых пластов локального и зонального распространения, способные служить достаточно эффективными флюидоупорами. Все это позволяет выделить отдельно нижнесреднеюрский резервуар.

Верхнеюрско-нижнемеловой угленосный комплекс отложений газонасыщен повсеместно. Расчетные дебиты газа в Намской скважине по интервалам залегания верхнеюрско-нижнемеловых отложений составили: интервал 2200–2194 (верхняя юра, марыкчанская свита) – 1000 м³/сут; интервал 2100–2093 (верхняя юра, бергеинская свита) – 216 м³/сут; интервал 2035–2046 (верхняя юра, бергеинская свита) – 422 м³/сут; интервалы 1975–1980 и 1956–1964 (верхняя юра, бергеинская свита) 1700 тыс. м³/сут;

интервал 1861–1866 (нижний мел, батылхская свита) – 45 м³/сут; интервал 671–1681 – 1000 м³/сут.

Также в пределах северного склона Якутского поднятия в ряде гидрогеологических скважин из разреза нижнего мела были получены газопроявления различного характера (таблица) [14].

По разрезу верхней юры промышленные притоки газа установлены в Усть-Вилюйском и Средневилюйском месторождениях. Кроме того, незначительные притоки нефти были установлены на Бергеинской и Олойской площадях Предверхоанского прогиба. Касаясь меловой части разреза, можно отметить промышленную газоносность в пределах Бадаранского газового месторождения и нефтепроявления на Бергеинской площади Предверхоанского прогиба.

В пределах Северного склона Якутского поднятия в разрезе верхней юры и мела не устанавливаются выдержанные глинистые пласты, способные служить эффективным флюидоупором. Меловой и весь кайнозойский разрез представлен преимущественно песчаниками с подчиненными прослоями алевролитов и аргиллитов. Здесь небольшие скопления газа могут быть приурочены к нетрадиционному мерзлотно-гидратному флюидоупору [15].

Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее перспективным комплексом отложений в плане нефтегазоносности следует рассматривать терригенно-карбонатные пласты, приуроченные к низам верхней подсвиты юдомской свиты венда, установленные в пределах Уордахской площади. Данные проницаемые пласты, установленные в Уордахской скважине, в региональном плане могут рассматриваться возрастным аналогом преображенского (на юге)

и успунского (на севере) горизонтов Непско-Ботуобинской антеклизы (рисунок).

Продуктивность терригенной породы базальной пачки успунской свиты была впервые установлена в 2017 г. в результате бурения скважины 115Р на Среднеботуобинском нефтегазоконденсатном месторождении. В ходе испытаний было зафиксировано поступление газа с дебитом более 200 тыс. м³ в сутки. Базальная пачка находится под успунской свитой и в основном состоит из глинистых и карбонатных слоев. Песчаники, входящие в состав базальной пачки в нескольких скважинах, вероятно, представляют заполняющие материалы врезанной долины [16]. Аналогичные фациальные условия, по всей видимости, вскрыты бурением и на Урдахской площади, и могут быть распространены на других участках северо-западного склона Якутского поднятия. Относительно эффективным флюидоупором для вендских углеводородов может выступать пестроцветная свита нижнего кембрия, сложенная плотными заглинизированными карбонатными породами.

Основанием возможной продуктивности ниже-среднекембрийского резервуара на изучаемой территории является установленная нефтеносность аналогичных отложений на среднем течении р. Амга в районе пос. Болугур. В отличие от танхайской нефтеносной свиты иниканская свита в изучаемом районе залегает намного ниже зоны многолетнемерзлых пород (от 1000 м и ниже). Таким образом, при благоприятных структурно-тектонических условиях на территории возможно обнаружение подвижных жидких углеводородов, генетически связанных с куонамской горючесланцевой формацией.

Остаточный газогенерационный потенциал пермских отложений в геологических условиях Северного склона Якутского поднятия может обусловить газонакопление на двух комплексах отложений. При наличии в разрезе полноценной преимущественно глинистой сунтарской свиты нижней юры резервуаром послужат песчаники кызылсырской свиты (нижнеюрский резервуар). В условиях уменьшения толщины или опесчанивания сунтарской свиты газовые углеводороды могут быть экранированы локальными или зональными глинистыми пластами среднеюрского возраста (среднеюрский резервуар).

Верхнеюрско-нижнемеловой комплекс отложений с многочисленными газопро-

явлениями не имеет выдержанных по площади и разрезу литологических экранов. Вместе с тем определенные скопления газов могут быть обнаружены в проницаемых отложениях верхнеюрско-нижнемелового комплекса под нетрадиционными мерзлотно-гидратными флюидоупорами [15].

Ограниченность объемов газа под мерзлотно-гидратными флюидоупорами обуславливается временем существования многолетнемерзлых пород, которое в геологических масштабах незначительно. Во внутренней части Нижнеалданской впадины нельзя исключать наличие аналогичных резервуаров в палеогеновых отложениях (рисунок). Тектонические процессы, связанные динамическим воздействием Верхоянья, могут способствовать образованию существенных по объему скоплений углеводородов под мерзлотно-гидратными флюидоупорами.

Заключение

Проведенный краткий обзор перспективных нефтегазоносных комплексов Северного склона Якутского поднятия подчеркивает необходимость постановки первоочередных геологоразведочных работ на нефть и газ.

На современном этапе Северный склон Якутского поднятия изучен достаточно плотной сетью профилей геофизических и геохимических методов и в меньшей степени глубоким бурением. Для уточнения перспектив нефтегазоносности рассматриваемой территории необходима постановка параметрического бурения с охватом зоны выклинивания пермских отложений. Наиболее приоритетными участками для заложения параметрических скважин с позиций уверенной привязки отражающих горизонтов и вскрытия слабоизученного разреза представляются район среднего течения р. Танда и среднее течение р. Кенкеме в районе урочища Хонгор-Биз.

Уточнение геологического строения изучаемого района позволит выделить наиболее перспективные зоны и участки для планирования и постановки поисковых работ.

Список литературы

1. Мельников П.Н., Погодаев А.В., Матвеев А.И., Порожун В.И., Царев В.В., Соболева Е.Н. Открытие нового нефтегазоносного района на северо-западном склоне Алданской антеклизы Сибирской платформы // Геология нефти и газа. 2023. № 2. С. 5–16. DOI: 10.31087/0016-7894-2023-2-5-16.
2. Калинин А.И., Сивцев А.И. Перспективы нефтегазоносности Северо-Восточной части Алданской антеклизы // Нефтяное хозяйство. 2019. № 6. С. 22–27. DOI: 10.24887/0028-2448-2019-6-22-27.

3. Фомин А.М., Моисеев С.А. Типизация разрезов вендско-кембрийских отложений западной части Северо-Алданской НГО // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. № 2 (1). С. 46–51.
4. Бурова И.А. Карбонатные коллекторы вендско-нижнекембрийского нефтегазоносного комплекса Восточной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5. № 2. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/23_2010.pdf (дата обращения: 14.12.2023).
5. Лемешев Я.В., Сивцев А.И. Цветковые структуры и связанные с ними нефтегазопоявления // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Якутск, 08–10 апреля 2020 г.). Якутск: Издательский дом СВФУ, 2020. С. 247–250.
6. Сафронов А.Ф., Чалая О.Н., Зуева И.Н., Александров А.Р. Естественный выход нефти в пойме р. Амга (Сибирская платформа) // Геология и геофизика. 2014. № 11. С. 1661–1666.
7. Парфенова Т.М. Новые сведения о геохимии органического вещества пород Куонамского комплекса нижнего и среднего кембрия Лено-Амгинского междуречья (Юго-Восток Сибирской платформы) // Геохимия. 2018. № 5. С. 448–460.
8. Погодаев А.В. Гидрогеологические условия формирования и сохранности газоконденсатных залежей Хапчугайского мегавала Вилюйской синеклизы: автореф. дис. ... канд. геол.- минер. наук. Якутск, 2019. 24 с.
9. Сафронов А.Ф., Сивцев А.И., Черненко В.Б. Нефтеносность нижнемезозойских отложений Хапчугайского мегавала Вилюйской синеклизы // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 8. С. 1263–1269.
10. Черданцев Г.А., Бухаленкова Ю.Ю., Семенов В.П., Кушмар И.А., Родина Т.В. Условия осадконакопления тарагайской свиты верхней перми в Юго-Западной части Вилюйской синеклизы // Геология нефти и газа. 2020. № 5. С. 55–73. DOI: 10.31087/0016-7894-2020-5-55-73.
11. Зуева И.Н., Чалая О.Н., Сафронов А.Ф., Сивцев А.И., Глянцева Ю.С., Лифшиц С.Х. Нефтегенерационный потенциал рассеянного органического вещества пермских отложений Вилюйского бассейна // Наука и образование. 2017. № 2 (86). С. 17–21.
12. Зуева И.Н., Чалая О.Н., Сафронов А.Ф., Сивцев А.И., Глянцева Ю.С., Лифшиц С.Х. Оценка нефтегенерационного потенциала рассеянного органического вещества верхне-лейасовых отложений Вилюйского рифтогенного бассейна // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Якутск, 05–07 апреля 2017 г.). Якутск: Издательский дом СВФУ, 2017. Т. 2. С. 113–118.
13. Гриненко В.С., Князев В.Г. Нижняя-средняя юра Якутского погребенного сводового поднятия, Тукуланского выступа и Лунгхинско-Келинской впадины: расчленение разрезов и их корреляция // Отечественная геология. 2017. № 1. С. 75–84.
14. Сивцев А.И., Чалая О.Н., Зуева И.Н. Перспективы нефтегазоносности Центральной Якутии как ресурс энергобезопасности // Нефтегазовое дело. № 2. 2016. С. 71–84. DOI: 10.17122/ogbus-2016-2-71-84.
15. Сюндюков И.Ш., Сивцев А.И. Обоснование потенциальных скоплений газа под мерзлотно-гидратным флюидоупором // Нетрадиционные ресурсы углеводородов: распространение, генезис, прогнозы, перспективы освоения: материалы Всероссийской конференции с международным участием (Москва, 12–14 ноября 2013 г.). М.: ГЕОС, 2013. С. 259–261.
16. Агалаков С.Е., Гайфулина Е.Ф., Грищенко М.А., Новокрещин А.В., Новоселов М.Ю., Торгашева Л.В., Чикина Н.Н. Новые направления поисков и разведки скоплений углеводородного сырья // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2020. № 7 (103). С. 58–64.

УДК 550.834(571.56-18)
DOI

АНАЛИЗ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЯКУТИИ

Оболкин А.П., Слепцова М.И., Севостьянова Р.Ф.

*ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»,
Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск,
e-mail: a_obolkin@list.ru*

В настоящей статье содержатся данные по характеру, уровню изученности территорий, на которых находится северо-восточная часть Республики Саха, которые потенциально являются нефтегазоносными. В 1979–1992 гг. в Тастахском прогибе, Зырянской впадине проводилась сейсморазведка нефти, газа компанией АО «Якутскгеофизика». В состав разреза Тастахского прогиба входят толщи терригенных пород литологического невыдержанного состава. Его мощность составляет 2,5–4,5 км. В работе описаны по неоген-четвертичным, юрско-меловым отложениям отражающие горизонты. Кроме того, в ходе выполнения исследований было установлено, что имеющиеся в Томпонской впадине нижнемеловые отложения делятся Томпорокско-Китчанской зоной надвиговых разделений позднемелового этапа активизации Верхояно-Колымской области. Верхнеюрские вулканогенно-осадочные породы, нижнемеловые угленосные отложения содержатся в Зырянской впадине в 6 и 5 тыс. м соответственно. Настоящая статья содержит возможность по выделению на временных отрезках, интерпретации осадочных синхронных комплексов прогибов, впадины, шельфа. Сейсморазведочные материалы на данных территориях имеют качество, которое можно перерабатывать. Очевидность необходимости данной процедуры появляется во время дискуссий по теме геологического развития, строения горно-складчатой Верхояно-Колымской области, а также шельфа, который примыкает к ней. Указанные данные являются подтверждением наличия нефти и газа на этих территориях.

Ключевые слова: сейсморазведка, углеводороды, Зырянская впадина, Тастахский прогиб, Томпонская впадина

Выполнение работы происходило с научным оборудованием ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН по гранту № 13.ЦКП.21.0016. Была получена поддержка в виде денежных средств по Государственному заданию от Министерства науки и высшего образования РФ № 122011100158-1.

ANALYSIS OF SEISMIC SURVEYS TO ASSESS THE OIL AND GAS POTENTIAL OF THE NORTHEAST OF YAKUTIA

Obolkin A.P., Sleptsova M.I., Sevostyanova R.F.

*Federal Research Centre – The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Institute of Oil and Gas Problems of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: a_obolkin@list.ru*

This article contains data on the nature and level of study of the territories in which the north-eastern part of the Sakha Republic is located, which are potentially oil and gas bearing. In 1979-1992, seismic exploration of oil and gas was carried out in the Tastakh trough, the Zyryanka depression by JSC Yakutskgeofizika. The section of the Tastakh trough includes strata of terrigenous rocks of lithological unconstrained composition. Its capacity is 2.5-4.5 kilometers. The paper describes reflecting horizons based on Neogene-Quaternary, Jurassic-Cretaceous deposits. In addition, during the research, it was found that the Lower Cretaceous sediments present in the Tompon depression are divided by the Tomporuk-Kitchan zone of thrust divisions of the Late Cretaceous stage of activation of the Verkhoyano-Kolyma region. Upper Jurassic volcanogenic sedimentary rocks, Lower Cretaceous coal-bearing deposits are contained in the Zyryanka depression at 6 and 5 thousand meters, respectively. This article contains an opportunity for the allocation of time intervals, interpretation of sedimentary synchronous complexes of deflections, depressions, shelf. Seismic materials in these territories have a quality that can be recycled. The evidence of the need for this procedure appears during discussions on the topic of geological development, the structure of the mountain-folded Verkhoyano-Kolyma region, as well as the shelf that adjoins it. These data are confirmation of the presence of oil and gas in these territories.

Keywords: seismic exploration, hydrocarbons, Zyryanskaya depression, Tastakh trough, Tomponskaya depression

The work was carried out with the scientific equipment of the Center for Collective Use of the Federal research center «Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» under grant No. 13.TsKP.21.0016. Support was received in the form of funds under the State Assignment from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 122011100158-1.

Важная задача современной России – освоение Арктики: именно на данной территории находятся запасы углеводородов [1].

Объемы УВ на данной территории:

– Лаптевская нефтегазоносная область (НГО): 2,3 млрд т – нефть (извл.), 4,2 трлн м³ – свободный газ;

– Восточная Арктическая нефтегазоносная область:

6,0 млрд т – нефть (извл.), 4,7 трлн м³ – свободный газ;

– Новосибирская Чукотская НГО: 0,7 млрд т – нефть (извл.), 1,1 трлн м³ – свободный газ [2].

В качестве актуальной задачи выступает научный анализ материалов, которые были получены при выполнении сейсморазведочных работ в северо-восточной части Якутии. Указанные действия необходимы для того, чтобы подтвердить, что данные территории обладают потенциальной нефтегазоносностью.

Цель настоящего исследования заключается в анализе проводимых сейсморазведочных работ на территории, где расположена северо-восточная часть Якутии (Республика Саха).

Материалы и методы исследования

Объект исследования – континентальная северо-восточная часть Якутии.

Роль материалов для того, чтобы выполнить необходимые исследования в рамках

настоящей работы, исполнили результаты выполненной сейсморазведки в АО «Якутскгеофизика» в северо-восточной части Якутии на территории Тастахского прогиба, Зырянской впадины.

В основу методологии исследования входит анализ, обобщение сведений от проведенных сейсморазведочных исследований: особенностей распространения отраженных сейсмических волн, индексации их, геологической интерпретации; средних, интервальных скоростей СВП.

Результаты исследования и их обсуждение

В 1979–1992 гг. в Тастахском прогибе, Зырянской впадине проводилась сейсморазведка нефти, газа компанией АО «Якутскгеофизика» (рис. 1) [3].

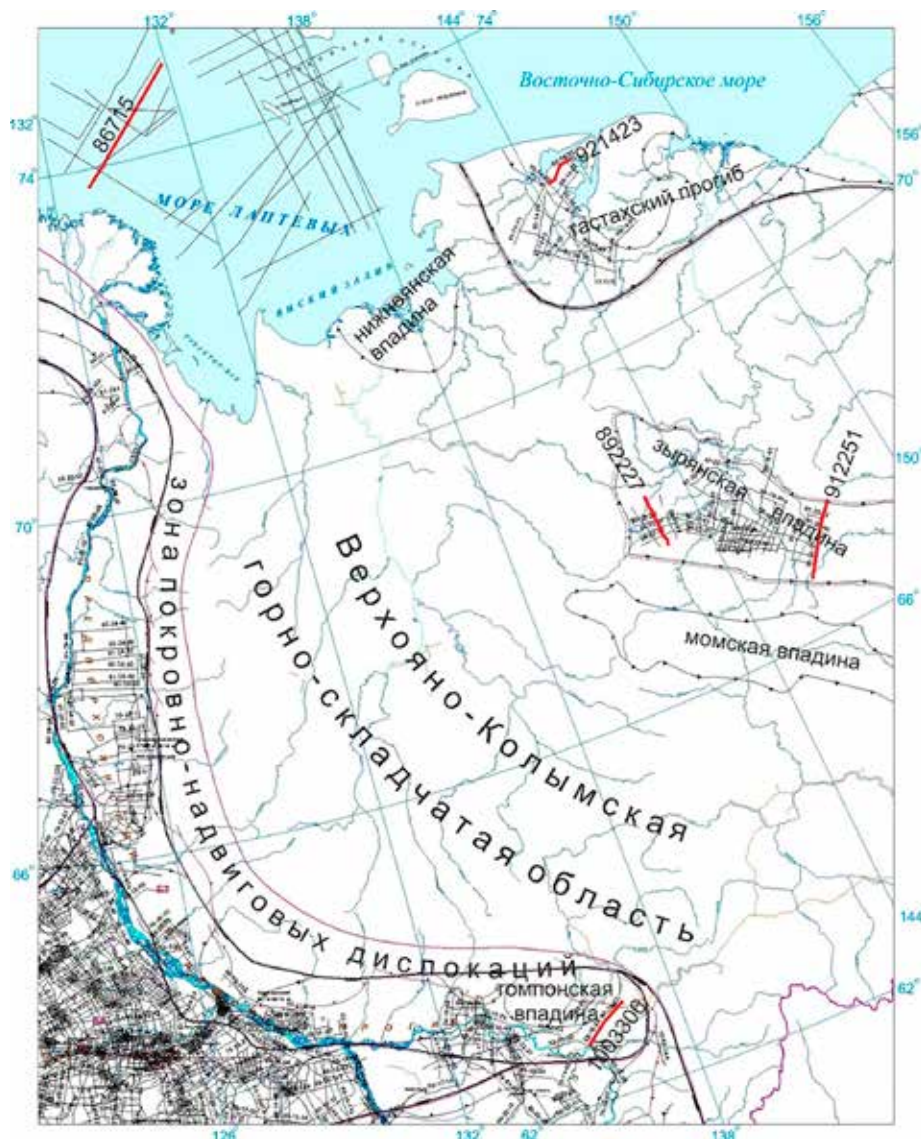


Рис. 1. Схема исследуемого района по информации ОАО «Якутскгеофизика»

Сейсморазведка осуществлялась по методу общей глубинной точки (МОГТ) в 3889 пог. км. 2709 и 1180 пог. км МОГТ, где 6-кратного МОГТ – 948 и 307 пог. км, 12-кратного МОГТ – 1151 и 873 пог. км, выполнено соответственно в Зырянской впадине и в Тастахском прогибе. 0,6 и 1,3 пог. км/км² – плотность сети профилей соответственно.

Система наблюдений, которая применялась в начале полевых исследований, – 6-кратная МОГТ, где наблюдается вынос ПВ (пункт взрыва). Расстояние выноса равно 300 м, тогда как 113–100 м составляет шаг установки ПВ. На 100 м группируется 20 сейсмоприемников (СП). 1175 м равна длина их расстановки. Поверхностные линейные источники являются видом возбуждения. На 100 м группируется 11 зарядов, где вес каждого составляет 0,4–0,8 кг.

Применялась и еще одна система наблюдений, а именно 6-кратная, где выносился ПП (пункт приема). Расстояние выноса равно 300 м. Шаг составляет 100 м. На 100 м группируется 21 СП. 1175 м равна длина их расстановки. Вибратор СВ-5-15, имеющий санный вариант, является источником колебаний. На 100 м группируется 3–4 вибратора.

Разработанная методика: 12-кратная центральная система для наблюдений МОГТ; 25 м – вынос, шаг ПВ и шаг СП составили 25, 100 и 25 м соответственно. 11 СП на 50 м. Применялась и фланговая система с шагом ПВ и СП в 50 и 25 м.

Вид возбуждения – взрывной. На глубину 10 м закладывались заряды в 4 кг. Сейсмостанции под названием «Прогресс-3».

Обработка материалов выполнялась в программе PROMAX в компьютерном центре АО «Якутскгеофизика».

Зырянская впадина. Имеет вулканогенно-осадочные верхнеюрские породы в 6000 м, нижнемеловые угленосные отложения до 5000 м. Маломощные терригенные породы верхнего мела, кайнозоя находятся в вышележащей части. На складчатом гетерогенном фундаменте, состоящем из среднепалеозойских, докембрийских образований наблюдается залегание указанных пород. Элементы трех порядков выделены были на исследуемой территории в юрском меловом чехле.

Кроме того наблюдается деление прогиба, а именно на поднятия и на мульды в количестве 4 и 5 соответственно. Их направление – северо-северо-восток и северо-восток.

Стоит отметить, что данные депрессии обладают антиклиналями (структурами 3-го порядка). Также происходит образование антиклинальных зон, которые являются линейными субпродольными.

Сулакканская седловина, Ожогинская, Селенняхская депрессии обладают минимальный уровень силы тяжести. Они относятся к структурам 1-го порядка. Стоит отметить, что они подразделяются на структуры, которые относятся ко второму порядку. Количество таковых структур составляет 3.

С отложениями нижнего мела связаны перспективы газа и нефти. Сквозными, региональными, структурными выступают разрывные нарушения, выделяемые по периодичности проявления, соподчиненности складчатых вмещающих структур [3].

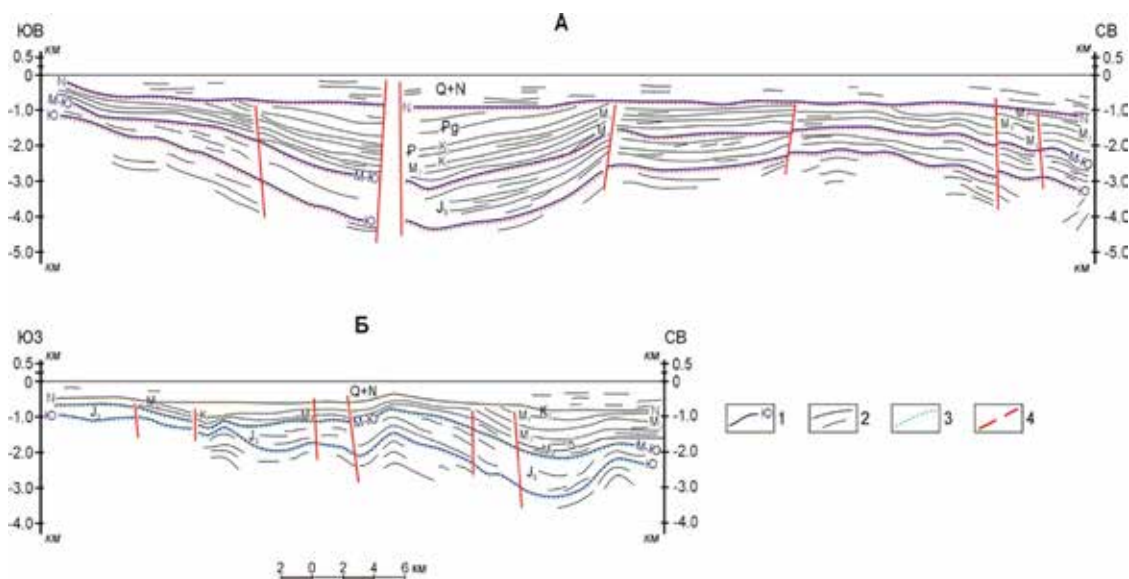
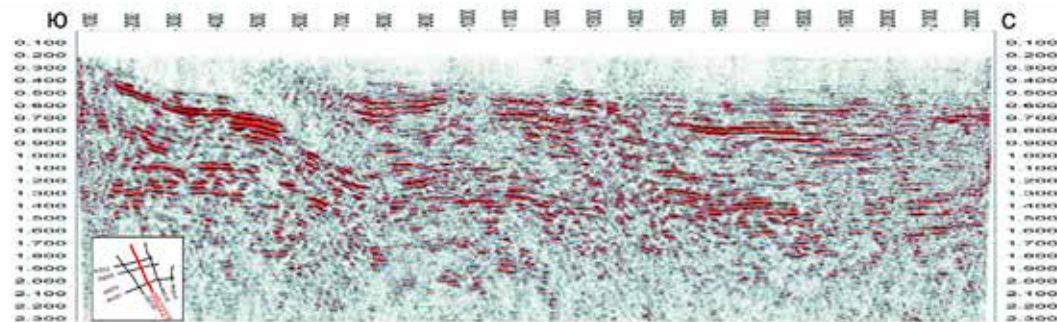
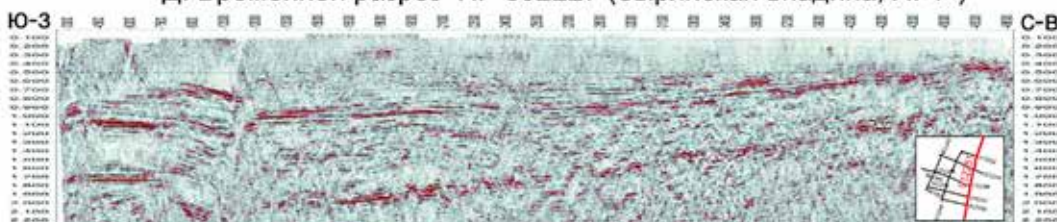


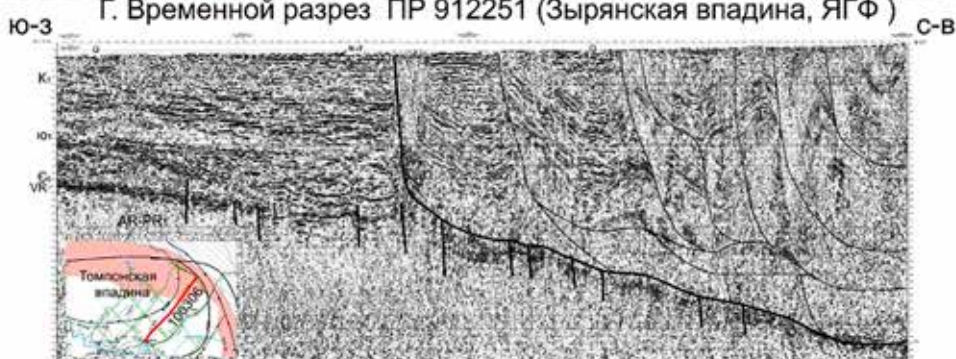
Рис. 2. Геологические геофизические разрезы Тастахской впадины в соответствии с сейсморазведочными профилями 901405 (А) и 901408 (Б)



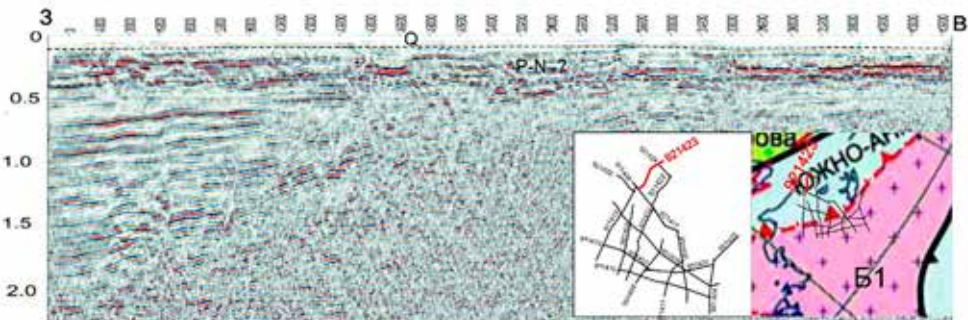
Д. Временной разрез ПР 892227 (Зырянская впадина, ЯГФ)



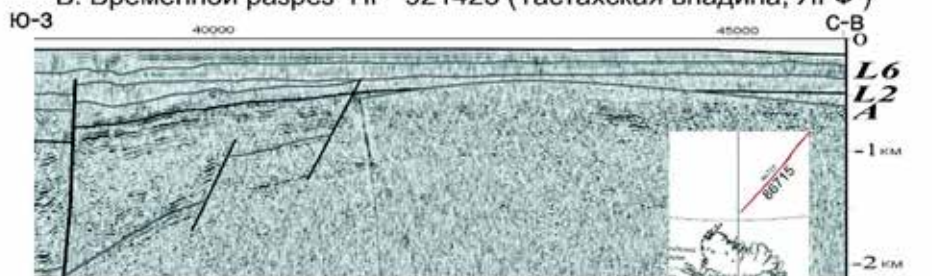
Г. Временной разрез ПР 912251 (Зырянская впадина, ЯГФ)



В. Временной разрез ПР 100306 (Томпонская впадина, ЯГФ)



Б. Временной разрез ПР 921423 (Тастахская впадина, ЯГФ)



А. Фрагмент глубинного разреза по профилю 86715 (Выкопировка из ГК S-51,52)

Рис. 3. Сейсмические разрезы Томпонской, Зырянской впадин, Тастахского прогиба, акватории моря Лаптевых

Тастахский прогиб. Он состоит из терригенных пород, обладающих литологическим невыдержанным составом с 2,5–4,5 км мощности. Проявляются они через волны, которые были отражены, имеют скорость 2500–3800 м/с в сейсмическом волновом поле.

Прогиб отражается в пределах волнового поля. Данное поле выступает в качестве сейсмического и тонкослоистого. Кроме того, оно имеет малоамплитудные, слабо дифференцированные, невыдержанные волны, ослабленные разными волновыми помехами.

Юрско-меловые, неоген-четвертичные отложения характеризуются отражающими горизонтами (N, M2, M3, M4, Ю). Поверхность горизонта Ю – складчатое основание. 2 мульды находятся в зоне прогиба, разделяемые седловиной (рис. 2).

Условные обозначения: 1 – сейсмические отражающие горизонты; 2 – отражающие отдельные площадки; 3 – геологические предполагаемые границы; 4 – разрывные нарушения по информации сейсморазведки.

В приустьевой части реки Урюн-Улах, левого притока реки Хрома западная часть данной седловины пересечена профилем 901405. В данном случае она представлена антиклинальным перегибом с протяженностью в границах изогипсы, равной 2700 м составляет 50 км, размер амплитуды – 780 м.

В северо-западной части территории, где наблюдается наличие сейсмопрофилей: 901 408, 911412 было установлено наличие валообразного поднятия субмеридионального простирания, размеры которого составляют 60x10 км. 1200 м достигает максимальный размер мощности неоген-четвертичных отложений.

В морях Лаптевых, Чукотского, Восточно-Сибирского исследуется шельф разными учреждениями.

Результаты анализа 1-го моря содержит объяснительная записка к Геологическим картам РФ. Данные карты имеют масштаб, равный 1:1000000 [4, 5].

Требуется отметить, что на основании выполненного исследования можно утверждать о наличии возможности установки структуры непосредственно на территории, относящейся к исследуемому нами Предверхоанскому прогибу. Кроме того, их можно установить и на территории, где находится Верхояно-Колымская горная складчатая область, соседствующему шельфу сходства непосредственно по периодам времени.

Стоит указать, что проведенные исследования позволили выявить отложения

палеогена. Его наличие было обнаружено в глубинных впадинах, которые входят в состав морей на северо-востоке. Таким образом, можно говорить об их наличии в разрезе Тастахского прогиба, Зырянской впадины, Алданской ветви Предверхоанского прогиба (рис. 2) [3].

Все исследования, которые были проведены, указали на наличие прорыва в Томпонской впадине нижнемеловых отложений Томпорокско-Китчанской зоны. Указанная зона состоит из надвиговых дислокаций позднемелового этапа. Стоит отметить, что на данном этапе происходит активизация Верхояно-Колымской складчатой горной области (рис. 3, В).

Надвиговая зона перекрывается сейсмофацией неоген-четвертичных отложений. Указанная зона подлежит отнесению к впадине Верхояно-Колымской зоны. В результате этого наблюдается сложение верхней доли разрезов шельфа, приморской равнины (рис. 3).

Примером является изображение выкопировки разреза во времени из материалов ГК 1000 [4].

Фрагмент разреза по профилю 86715 содержится на рис. 3, А, со сходствами волновой картины и разреза времени по профилю из рис. 3, Б.

Данные разрезы имеет сейсмофация. Кроме того она также обладает связью с соответствующими неоген-четвертичными отложениями, перекрывающими склон погребенного поднятия.

Под Тастахским прогибом происходит выделение Южно-Ануйской структурной зоны (рис. 3, Б). Нижележащие осадки накапливались в соответствии с подошвенным примыканием. Большое количество дискуссий наблюдается у планового его положения [3].

Получается, что результаты, которые были получены непосредственно в процессе выполняемой сейсморазведки по Тастахскому, Томпонскому прогибам являются довольно-таки значимыми в процессе изучения вопросов, связанных с геодинамикой.

Заключение

Результаты сейсморазведки показали качество, которое соответствует переработке. Их значимость подтверждается дискуссиями по геологическому развитию, строению Верхояно-Колымской горной складчатой области, шельфа, примыкающего к ней.

Данные исследования сейсморазведкой МОГТ-2Д структурных депрессионных

элементов в северо-восточной части Якутии подтверждают наличие нефти, газа.

В соответствии с выполненным обзором становится очевидно, что, несмотря на наличие положительной оценки имеющихся перспектив нефтегазоносности, данные территории нуждаются в дальнейшем исследовании на газ, нефть.

Для того чтобы оценить прогнозные ресурсы УВ, необходимо их изучать вместе с шельфом Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых.

Список литературы

1. Сафронов А.Ф. История геологического развития шельфа Восточно-Сибирского моря // Наука и образование. 2017. № 1. С. 7–12.

2. Слепцова М.И. Оценка прогнозных ресурсов углеводородов северо-восточного арктического шельфа России // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 10. С. 55–58. DOI: 10.23670/IRJ.2018.76.10.036.

3. Оболкин А.П., Ситников В.С., Александров А.Р., Аржаков Н.А., Ковнир Б.Д., Куляндина А.С., Слепцова М.И., Севостьянова Р.Ф., Сюдюков Р.Ш. Обобщение результатов сейсморазведочных исследований Северо-Востока Якутии // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12, № 4. DOI: 10.17353/2070-5379/39_2023.

4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Лаптево-Сибироморская. Лист S-51 – Оленекский залив, S-52 – дельта р. Лена. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2014. С. 15–17, 19.

5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Лаптево-Сибироморская. Лист S-53, 54 – Столбовой, Ляховские о-ва. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2016. С. 142–144.

УДК 622.276.5:549.08
DOI

ПАРАМЕТРЫ НЕЛИНЕЙНЫХ СВЯЗЕЙ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА ЧЕРЕЗ КОМПЛЕКС ФРАКЦИЙ ПРОПАНТА

Песков А.В.

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара,
e-mail: rednakel@yandex.ru*

В настоящей статье исследовалась фильтрация газа через насыпные образцы, заполненные композициями фракций пропанта «Боровичи» или кварцевым песком. Исследования проводились на отечественной установке «Дарсиметр» в диапазонах перепада давлений от 0,3 до 1,6 атм. Исследовались смеси фракций расклинивающего материала с различными выборочной средней и среднеквадратичным отклонением размера зерен. Размер зерен пропанта варьировал от 180 до 560 мкм, а для кварцевого песка – от 40 до 180 мкм. Для каждой смеси установлен степенной закон зависимости расхода от перепада давления. Предпосылкой для искомой степенной зависимости служила экспериментальная связь, найденная при фильтрации флюида через образцы песка. С уменьшением выборочной средней размера зерен показатель степени n в зависимости $Q = kc\Delta p^n$ расхода газа от перепада давления возрастает, а с увеличением среднеквадратичного отклонения показатель степени увеличивается. При снижении значений выборочного среднего от 465 до 125 мкм показатель степени n возрастает от 0,43 до 0,72. С увеличением значения среднего квадратичного отклонения показатель степени n возрастает от 0,48 до 0,61 при одинаковом значении выборочного среднего. Значение коэффициента пропорциональности k_c при снижении размера частиц в смесях с размером частиц от 465 до 125 мкм изменяется в пределах от $7 \cdot 10^{-7}$ до 10^{-8} . Определены корреляционные зависимости между диаметром зерен смесей пропанта и показателем степени n перепада давления. С использованием оптического микроскопа Альтами изучались сферичность и округлость зерен во фракциях пропанта. Установлены коэффициенты сферичности и округлости по диаграмме Крумбьена – Шпосса. Для 80 % зерен сферичность варьировала от 0,5 до 0,9. Рассчитывался эквивалентный диаметр зерен, который оказался приблизительно в 1,2 раза больше, чем тот, что следовал исходя из размера примененных сит. Исходя из исследования для получения повышенных значений коэффициента пропорциональности k_c , следует выбирать пропант с меньшим среднеквадратичным отклонением, с большим размером зерен, хорошей отсортированностью зерен. Следует анализировать зерна по коэффициентам окатанности и сферичности.

Ключевые слова: коэффициент пропорциональности, нелинейные зависимости, зерно, пропант, фракции, коэффициенты сферичности и округлости

PARAMETERS OF NONLINEAR CONNECTIONS DURING GAS FILTRATION THROUGH A COMPLEX OF PROPPANT FRACTIONS

Peskov A.V.

Samara State Technical University, Samara, e-mail: rednakel@yandex.ru

In this article, gas filtration through bulk samples filled with compositions of Borovichi proppant fractions or quartz sand was investigated. The research was carried out on the domestic installation “Darsimeter” in the pressure drop ranges from 0.3 to 1.6 atm, from 0.6 to 1.6 atm, from 0.3 to 1.3 atm. Mixtures of fractions of wedging material with different sample mean and mean square deviation of grain size were studied. The grain size of the proppant varied from 180 to 560 microns, and for quartz sand from 40 to 180 microns. For each mixture, a power law of dependence of the flow rate on the pressure drop is established. The prerequisite for the desired power dependence was the experimental relationship found during fluid filtration through sand samples. With a decrease in the sample average grain size, the exponent n increases depending on $Q = kc\Delta p^n$ of the gas flow from the pressure drop, and with an increase in the standard deviation, the exponent increases. With a decrease in the values of the sample mean from 465 to 125 microns, the exponent of n increases from 0.43 to 0.72. With an increase in the value of the mean square deviation, the exponent of n increases from 0.48 to 0.61 with the same value of the sample mean. The value of the proportionality coefficient k_c with a decrease in particle size in mixtures varies with a particle size from 465 microns to 125 microns varies from $7 \cdot 10^{-7}$ to 10^{-8} . The correlations between the grain diameter of the proppant mixtures and the exponent of the degree n of the pressure drop are determined. Using an optical microscope, Altami studied the sphericity and roundness of grains in proppant fractions. The coefficients of sphericity and roundness according to the Krumbien-Spotts diagram are established. For 80% of the grains, the sphericity varied from 0.5 to 0.9. The equivalent grain diameter was calculated, which turned out to be approximately 1.2 times larger than the one that followed based on the size of the sieves used. Based on the study, to obtain increased values of the proportionality coefficient k_c , a proppant with a smaller mean square deviation, with a large grain size, good sorting should be chosen. grains and a smaller mean square deviation. It is necessary to analyze the grains by the coefficients of roundness and sphericity.

Keywords: proportionality coefficient, nonlinear dependencies, grain, proppant, fractions, coefficients of sphericity and roundness

Для повышения нефтеотдачи пластов используют гидроразрыв пласта с образованием трещины, заполненной пропантом – расклинивающим материалом, и от качества последнего зависят коэффициенты проницаемости и продуктивности. Согласно [1, 2] выбор пропанта не всегда учитывался как метод повышения эффективности

и рентабельности процесса ГПП, однако при детальном изучении этих процессов очевидно, что свойства проппанта в значительной степени влияют на продуктивность скважин. Отечественными учеными изучались анализ влияния фракций на эффективность гидроразрыва пласта [3].

Цель исследования – определить вид степенной зависимости между расходом газа и перепадом давления на композициях фракций проппанта с использованием установки «Дарсиметр». Исследования проводились при различных параметрах нелинейных связей: выборочных средних размера частиц фракций и среднеквадратичных отклонениях. Установить возможную связь между размером частиц проппанта и параметрами зависимостей расхода газа от перепада давления. С применением микроскопического метода определить характеристики зерен: сферичность и округлость для изучаемых образцов.

Материалы и методы исследования

Частицы проппанта, просеянные через сита определенного размера, не являются идеальным материалом ни по размеру, ни по форме, ни по окатанности. Это или оваловидные зерна в виде эллипсоидов вращения, имеющие разный размер по длинной оси эллипса, или дипирамиды, или полигональные фигуры. Изучение частиц проппанта в настоящей статье проводилось на микроскопе Альтами. Изучались зерна разных фракций. В качестве примера приведено фото одной из фракций диаметром 300–350 мкм (рисунок). Рассчитывался эквивалентный диаметр зерен.

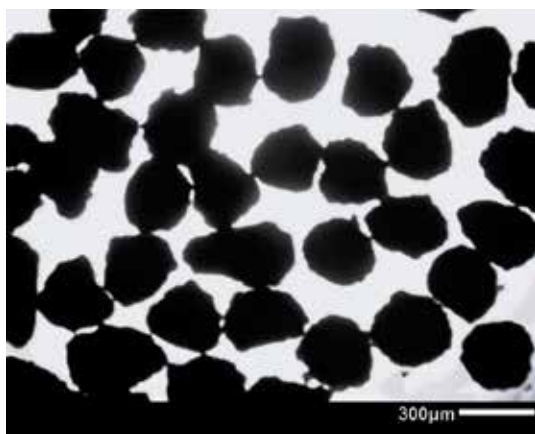


Фото зерен проппанта

Эквивалентный диаметр зерен оказался приблизительно в 1,2 раза больше, чем

тот, что следовал исходя из размера примененных сит. Около 20% зерен имело сферичность по диаграмме Крумбьена – Шпосса выше 0,9, а для остальных зерен сферичность варьировала от 0,5 до 0,9. Округлость зерна трудно оценивать по выступам, углам, так как таких элементов несколько по периметру зерна. Округлость варьировала от значения 0,3 до 0,9.

В статье изучалась фильтрация через насыпные модели, содержащие проппант при различных комбинациях в содержании выделенных фракций в интервале изменения размера зерен от 560 до 180 мкм для проппанта «Боровичи» и от 180 мкм до 40 мкм для кварцевого песка. Исследования проводились на установке «Дарсиметр» и регистрировались расход газа и перепад давления для различных смесей проппантов в диапазоне градиента давления на образец от 0,1 до 1,6 атм. Определялись степенные связи $Q = k \Delta p^n$, где n может принимать значение в пределах от 1 до 0,5 по данным [4]. Для расчета коэффициента проницаемости возможно использовать выражение $k = (d^2)/(96\sigma)$ [4].

Из образца естественного проппанта были выделены фракции ≥ 560 мкм, 500–560 мкм, 350–500 мкм, 300–350 мкм, 250–300 мкм, 212–250 мкм, 180–212 мкм, ≤ 180 мкм, из которых были составлены искусственные смеси.

Смесь 1 представлена естественным проппантом, и максимум распределения приходится на фракцию 300–350 мкм при содержании 48%. Зерна фракции естественного проппанта распределены по нормальному закону. Смесь 3 состоит из двух компонентов с размером зерен 350–560 и 500–560 мкм. Смесь 4 состоит из трех компонентов с диаметром зерен 300–350 мкм, 350–560 мкм и 500–560 мкм.

Смесь 2 состоит из одной фракции с диаметром зерен 350–500 мкм. Смесь 5 состоит из двух компонентов с диаметром зерен 500–560 мкм и 53 мкм в равном соотношении и приготовлена, для проверки гипотезы об изменении проницаемости, если пустоты одного компонента заполнены частицами второго.

Смесь 6 состоит из одного компонента с диаметром зерен 300–350 мкм. Смесь 7 состоит из четырех фракций одинакового содержания. Смеси 8 и 9 приготовлены таким образом, что максимум распределения смещается из интервала 350–560 мкм в интервалы 300–350 мкм (смесь 8) и 200–250 мкм (смесь 9). В смеси 10 присутствуют

четыре компонента, и содержание фракции для максимального и минимального размера частиц больше, чем в центре распределения, в 2 раза. В смесях 20, 21 максимум распределения приходится на значение диаметра 125 мкм. В смеси 22 вершина распределения приходится на две фракции 125 и 80 мкм. Смеси 11–19 представлены одной фракцией.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим полученные результаты. Зависимость $Q = F(\Delta p)$ расхода газа от перепада давления для естественной смеси I проппанта при среднем выборочном диаметра зерен 455 мкм для интервала 350–560 мкм имеет вид $Q = 7 \cdot 10^{-7} p^{0,43}$ для условий съемки образца при $\Delta p = 0,3–1,6$ атм (таблица).

Параметры нелинейных связей композиций проппанта

№ смеси	Перепад давления ΔP , атм	Зависимость расхода газа от перепада давления	Среднее выборочное x_p , мкм	Среднеквадратичное отклонение
1	0,3–1,6	$7 \cdot 10^{-7} x^{0,43}$	465	90
	1,6–0,6	$10^{-6} x^{0,395}$		
	1,3–0,3	$6 \cdot 10^{-7} x^{0,447}$		
2	1,6–0,3	$8 \cdot 10^{-7} x^{0,37}$	455	
3	0,3–1,6	$7 \cdot 10^{-7} x^{0,37}$	431	80
4	0,3–1,6	$5 \cdot 10^{-7} x^{0,4}$	476	33
5	0,3–1,6	$2 \cdot 10^{-8} x^{0,62}$	291	238
6	0,3–1,6	$2 \cdot 10^{-7} x^{0,49}$	325	
7	0,3–1,6	$2 \cdot 10^{-7} x^{0,51}$	320	130
	1,6–0,6	$4 \cdot 10^{-7} x^{0,47}$		
	1,3–0,3	$2 \cdot 10^{-7} x^{0,52}$		
	1–0,3	$2 \cdot 10^{-7} x^{0,53}$		
8	0,3–1,6	$4 \cdot 10^{-7} x^{0,48}$	335	53
	1,6–0,6	$3 \cdot 10^{-7} x^{0,498}$		
	1,3–0,3	$4 \cdot 10^{-7} x^{0,49}$		
	1–0,3	$4 \cdot 10^{-7} x^{0,48}$		
9	0,3–1,6	$2 \cdot 10^{-7} x^{0,51}$	276	100
	1,6–0,6	$3 \cdot 10^{-7} x^{0,474}$		
	1,3–0,3	$2 \cdot 10^{-7} x^{0,53}$		
10	0,3–1,6	$4 \cdot 10^{-8} x^{0,61}$	334	145
	1,6–0,6	$6 \cdot 10^{-8} x^{0,59}$		
	1,3–0,3	$4 \cdot 10^{-8} x^{0,61}$		
11	1	$4 \cdot 10^{-7} x^{0,42}$	252	–
12	1	$2 \cdot 10^{-6} x^{0,307}$	≥ 500	–
13	1	$10^{-7} x^{0,51}$	≥ 212	–
14	1	$2 \cdot 10^{-8} x^{0,695}$	150	–
15	1	$10^{-8} x^{0,72}$	125	–
16	1	$4 \cdot 10^{-9} x^{0,813}$	106	–
17	1	$3 \cdot 10^{-9} x^{0,825}$	80	–
18	1	$6 \cdot 10^{-10} x^{0,905}$	63	–
19	1	$3 \cdot 10^{-10} x^{0,92}$	40	–
20	0,3–1,6	$10^{-8} x^{0,68}$	113	
	1,6–0,6	$3 \cdot 10^{-8} x^{0,61}$		
	1,3–0,3	$10^{-8} x^{0,7}$		
21	0,3–1,6	$8 \cdot 10^{-9} x^{0,71}$	114	
	1,6–0,6	$8 \cdot 10^{-9} x^{0,714}$		
	1,3–0,3	$3 \cdot 10^{-9} x^{0,79}$		
22	0,3–1,6	$10^{-8} x^{0,7}$	103	
	1,6–0,6	$2 \cdot 10^{-8} x^{0,66}$		
	1,3–0,3	$9 \cdot 10^{-9} x^{0,72}$		

Исследования проводились для трех интервалов перепада давления Δp , так как ранее установлены некоторые различия связей $Q = f(\Delta p)$ в зависимости от интервала [7, 8]. При диапазоне съемки $\Delta p = 0,3-1,3$ атм показатель степени n возрастает $Q = 6 \cdot 10^{-7} p^{0,447}$. Для большинства образцов изменение диапазона съемки $\Delta p = 0,3-1,3$ атм на $0,3-1,6$ атм не приводит к изменению степени n или приводит к увеличению степени n на $0,01-0,02$.

Для двух- и трехкомпонентных смесей 3 и 4 при близком относительно смеси 1 среднем выборочном диаметре зерен 431 мкм и 476 мкм, среднеквадратичное отклонение σ для смесей 3 и 4 составило соответственно 80 и 33, показатели степени n имеют меньшие значения – соответственно $Q = 7 \cdot 10^{-7} p^{0,37}$ и $Q = 5 \cdot 10^{-7} p^{0,4}$. Для однокомпонентной смеси с диаметром зерен 455 мкм полученная зависимость близка к двухкомпонентным $Q = 8 \cdot 10^{-7} p^{0,37}$, что, вероятно, указывает, что при снижении числа фракций или снижении дисперсии зависимость изменяется с уменьшением показателя степени. Для двухкомпонентной смеси с диаметром зерен 530 и 53 мкм в зависимости показатель степени n резко увеличивается из-за того, что пустоты в первичной матрице с диаметром 530 мкм закрыты в них частицами 53 мкм, так как известно, что пустоты между частицами одного размера составляют 0,1 их диаметра [4]. Для смеси 7 выборочная средняя размера зерен меньше, чем для смеси 1, а $\sigma = 130$, и выше, чем для смеси 1, а зависимость приобретает вид $2 \cdot 10^{-7} p^{0,51}$. Показатель степени n для этой смеси возрастает относительно смеси 1. Для смеси 8 выборочная средняя размера зерен $x_b = 335$ мкм и ниже, чем для смеси 1. Среднеквадратичное отклонение для этой смеси $\sigma = 53$ ниже, чем для смеси 1. При этом зависимость имеет вид $4 \cdot 10^{-7} p^{0,48}$ при показателе степени больше, чем для смеси 1. Для смеси 9 максимальный диаметр частиц составляет 235 мкм, и фракция с этим диаметром имеет значительную долю в составе смеси – 44%. Размер частиц этой фракции ниже, чем для смеси 1, средняя выборочная размера зерен $x_b = 276$, что меньше, чем в смеси 1. Среднеквадратичное отклонение несколько выше $\sigma = 100$, чем для смеси 1. Зависимость расхода газа от давления приобретает вид $2 \cdot 10^{-7} x^{0,51}$, а при этом показатель степени n больше, чем для смеси 1. Для смеси 10 значения содержаний фракций на крыльях в 2 раза выше, чем в центре, и средняя выборочная $x_b = 335$, такая же, как

для смеси 8. Однако среднеквадратичное отклонение $\sigma = 145$ выше, чем для смеси 8 и 1, и при этом зависимость имеет вид $4 \cdot 10^{-8} p^{0,61}$. Показатель степени выше, чем во всех смесях, по всей видимости из-за большего среднеквадратичного отклонения. Смесь 20 представлена кварцевым песком Чапаевского месторождения с преобладающей фракцией размером частиц 125 мкм до 83%. А зависимость расхода газа от давления имеет вид $10^{-8} x^{0,72}$, показатель степени с уменьшением диаметра зерен возрастает. Для смесей 21 и 22 также с преобладающей фракцией 125 мкм зависимости $Q = F(\Delta p)$ расхода газа от перепада давления незначительно отличаются от зависимости смеси 20. Для ряда смесей изменение интервала измерения с $0,3-1,6$ атм на $0,6-1,6$ атм приводит к небольшому снижению показателя степени в зависимости, а измерения в интервале $0,3-1,3$ показывают невысокие возрастания показателя степени. Для фракций с одним интервалом зерен 11–19 со снижением размера частиц от 500 до 40 мкм показатель степени n в устанавливаемой зависимости повышается от 0,31 до 0,92. Коэффициент пропорциональности k_c при изменении размера частиц в монофракциях от 560 до 40 мкм изменяется от $2 \cdot 10^{-6}$ до $3 \cdot 10^{-10}$, а для смесей с размером частиц от 465 до 125 мкм – от $7 \cdot 10^{-7}$ до 10^{-8} . Зависимость между $k_c = f(d)^n$ для фракций с изменением d от 40 до 600 мкм выражается $k_c = 9 \cdot 10^{-16} d^{3,36}$ при $R^2 = 0,998$. Зависимость $k_c = f(d)^n$ для четырех смесей с основной фракцией, содержащей до 40% вещества (смеси 1, 9, 10, 20), имеет вид $4 \cdot 10^{-14} d^{2,52}$ $R^2 = 0,88$. Зависимость между показателем степени n и диаметром зерен в зависимости $Q = p^n$, имеет вид $n = 4,25 d^{-0,38}$ для смесей 1, 3, 8, 9, 20, при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,92$. Зависимость между эквивалентным диаметром фракций и показателем степени n в зависимости для этих же смесей имеет вид $n = 4,56 d^{-0,38}$. Таким образом с уменьшением диаметра основной по содержанию фракции показатель степени n в зависимости $Q = p^n$ будет возрастать.

Заключение

На образцах проппанта и кварцевого песка выбранных фракций при различных выборочном среднем и среднеквадратичном отклонении размера зерен определены зависимости расхода газа от перепада давления. При снижении значений выборочного среднего от 465 до 125 мкм в сме-

сях показатель степени n в зависимости $Q = k_c \Delta p^n$ расхода газа от перепада давления возрастает от 0,43 до 0,72. С увеличением значения среднеквадратичного отклонения показатель степени n в зависимости $Q = k_c \Delta p^n$ расхода газа от перепада давления возрастает от 0,48 до 0,61 при одинаковом значении выборочного среднего. Значение коэффициента пропорциональности k_c при снижении размера для смесей с размером частиц от 465 до 125 мкм изменяется в пределах от $7 \cdot 10^{-7}$ до 10^{-8} . Определены корреляционные зависимости между диаметром зерен и показателем степени n в зависимости расхода газа от перепада давления. Микроскопическим методом установлено, что эквивалентный диаметр частиц больше в 1,2 раза размера частиц, получаемых при просеивании через сита определенного размера. Определены сферичность и округлость частиц для изученных образцов. Исходя из исследования для получения повышенных значений коэффициента пропорциональности k_c следует выбирать проппант с большим размером зерен, хорошей отсортированностью зерен и меньшим среднеквадратичным отклонением. Следу-

ет анализировать зерна по коэффициентам окатанности и сферичности.

Список литературы

1. Гилаев Г.Г., Ольховская В.А., Гилаев Ген.Г., Хафизов В.М. Гидроразрыв пласта в вертикальных и горизонтальных скважинах. Ижевск, 2020. 304 с.
2. Панькович И.В., Усенко А.А., Савастыин М.Ю. Перспектива применения проппанта малых фракций как метода оптимизации процесса многостадийного гидравлического пласта // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2022. № 5. С. 1499–1508.
3. Сидоров И.В., Сабитов Р.Р., Митрофанов А.Д. Анализ влияния фракций проппанта на эффективность гидравлического разрыва пласта на Самотлорском месторождении // Территория Нефтегаз. 2010. № 5. С. 56–60.
4. Щелкачев В.Н., Лапук Б.Б. Подземная гидравлика. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 736 с.
5. Троицкий В.М. О физическом механизме нелинейного закона фильтрации газа в пористых средах // Вести газовой науки. 2021. № 2 (47). С. 126–137.
6. Толпаев В.А., Ахмедов К.С., Гоголева С.А. Нелинейные законы фильтрации при больших скоростях потока // Нефть и газ. 2015. № 5. С. 83–89.
7. Песков А.В. Проницаемость расклинивающего материала // Успехи современного естествознания. 2022. № 3. С. 86–91.
8. Песков А.В. Нелинейные зависимости при фильтрации газа через образцы расклинивающего материала // Успехи современного естествознания. 2022. № 11. С. 118–123.

СТАТЬИ

УДК 624.154.1

DOI

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ГРУНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТВЕРДОГО ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ ЯКУТИИ

¹Большев К.Н., ¹Степанов А.В., ¹Малышев А.В., ²Ефимов В.М.

¹ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Институт физико-технических проблем Севера имени В.П. Ларионова

Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: k.bolshev@mail.ru;

²АО «Якутский государственный проектный научно-исследовательский

институт строительства», Якутск, e-mail: yapniis@mail.ru

Исследование направлено на решение актуальной проблемы стабилизации температурного режима площадок строительства и эксплуатации инженерных сооружений в условиях криолитозоны Республики Саха (Якутия) и изменяющегося климата. Применяемый в настоящий момент метод охлаждения грунта с помощью сезонно действующих охлаждающих устройств требует, при всей его эффективности, продолжительного времени воздействия и значительно задерживает сроки строительства, что в ряде случаев неприемлемо. С целью оценки эффективности и перспективности технологии быстрой заморозки грунта с применением твердого диоксида углерода (сухой лед) для охлаждения вечномерзлых грунтов был выполнен натурный эксперимент. Для проведения эксперимента был оборудован полигон на одной из строительных площадок г. Якутска с обустройством охлаждающей и термометрических скважин. Во время эксперимента велась регистрация температурного поля грунта и температуры внутри охлаждающей скважины. В результате проведенных экспериментов получены фактические данные по распределению температуры в грунте в зависимости от температуры и расстояния от охлаждающей скважины в процессе охлаждающего воздействия и после него. Полученные результаты дают основания для оценки испытанной технологии как перспективной в условиях многолетнемерзлых грунтов Якутии.

Ключевые слова: Республика Саха (Якутия), многолетнемерзлые грунты, охлаждение, сухой лед, свайный фундамент, основания

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF GROUND COOLING USING SOLID CARBON DIOXIDE IN THE CONDITIONS OF THE CRYOLITHOZONE OF YAKUTIA

¹Bolshev K.N., ¹Stepanov A.V., ¹Malyshev A.V., ²Efimov V.M.

¹V.P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: k.bolshev@mail.ru;

²Yakut State Design and Research Institute of Construction, Yakutsk, e-mail: yapniis@mail.ru

The study is aimed at solving the urgent problem of stabilizing the temperature regime of construction sites and operation of engineering structures in the permafrost zone of the Republic of Sakha (Yakutia) and a changing climate. The currently used method of soil cooling using seasonally operating cooling devices, despite its effectiveness, requires a long exposure time and significantly delays construction time, which in some cases is unacceptable. In order to evaluate the effectiveness and prospects of the technology of rapid soil freezing using solid carbon dioxide (dry ice) for cooling permafrost soils, a full-scale experiment was carried out. To conduct the experiment, a test site was equipped at one of the construction sites in Yakutsk with the installation of cooling and thermometric wells. During the experiment, the temperature field of the soil and the temperature inside the cooling well were recorded. As a result of the experiments, actual data were obtained on the distribution of temperature in the soil depending on the temperature and distance from the cooling well during the cooling effect and after it. The results obtained provide grounds for assessing the tested technology as promising in the conditions of permafrost soils in Yakutia.

Keywords: Yakutia, permafrost soils, cooling, dry ice, pile foundation, foundation basis

В регионах распространения многолетнемерзлых грунтов проблема стабилизации температурного режима грунтов оснований площадок строительства всегда имеет большую актуальность. В процессе подготовки площадки и обустройства нулевого цикла происходит нарушение температурного режима грунтов, и последующая его естественная стабилизация либо занимает продолжительное время, либо не дает необходимого

результата, то есть в итоге температура грунта не достигает проектных значений. Особенно актуальной данная проблема становится на фоне наблюдающихся в последнее время изменений климата и криолитозоны. Многие исследователи в последнее время отмечают повышение температуры вечномерзлых грунтов в различных регионах и связывают его с повышением климатических температур и изменением режима осадков [1–3].

Для обеспечения необходимой несущей способности грунтов оснований и повышения расчетной нагрузки все чаще требуются мероприятия по принудительному понижению температуры грунтов. При этом широко применяемый настоящий метод охлаждения с помощью парожидкостных термостабилизаторов или, как их еще называют, сезонно действующих охлаждающих устройств [4], при всей его эффективности, требует продолжительного времени действия, зависим от сезона и значительно увеличивает сроки строительства, что в ряде случаев неприемлемо. Поэтому в настоящее время остро стоит необходимость применения технологий быстрой заморозки грунта, не зависящих от сезона.

Известен метод быстрого охлаждения, при котором в качестве охлаждающего вещества – криоагента применяется твердый диоксид углерода (сухой лед) [5]. Данный метод часто используют при подземном строительстве для быстрой заморозки, образования так называемого ледогрунтового ограждения со средней температурой около $-10 - -25^{\circ}\text{C}$ и обеспечения стабильного монолитного состояния грунтов в процессе строительства. Для этого в грунтовом массиве обустраивается поле охлаждающих скважин, в каждую из которых в ходе процесса постоянно загружается криоагент (в виде гранул, кусков или снега). Твердый диоксид углерода сублимируется, испаряясь, при температуре выше $-78,5^{\circ}\text{C}$, и данный процесс требует удельных затрат тепловой энергии порядка 600 кДж/кг [6].

В результате теплового взаимодействия криоагента с грунтом происходит его охлаждение и заморозка. Процесс заморозки при этом занимает примерно от 5 до 15 суток, количество охлаждающих скважин исчисляется десятками штук, а расход сухого льда исчисляется тоннами [7, 8].

Целью проведенного исследования являлась оценка применимости данного метода для понижения температур грунтов оснований в условиях вечной мерзлоты Якутии.

Цель исследования – оценка эффективности и перспективности метода быстрой заморозки грунта с применением твердого диоксида углерода (сухого льда) для понижения температуры грунтов оснований в условиях вечномерзлых грунтов Республики Саха (Якутия).

Материалы и методы исследования

Для проведения натурного эксперимента был оборудован полигон на одной из площадок строительства в г. Якутске с установленными сваями СМ12-40-85 длиной 12 м, заглубленных на 9 м (рис. 1). Расчетная нагрузка на сваи составляет $150-170 \text{ т}$. На расстоянии 300 мм от средней сваи была установлена охлаждающая скважина, обсаженная металлической трубой внутренним диаметром 100 мм, глубиной 9 м.

Термометрические скважины, расположенные на расстоянии 750 и 1500 мм, изготовлены из полипропиленовой трубы диаметром 40 мм, глубиной 10 м. Термометрическая скважина, расположенная на расстоянии 1700 мм, изготовлена из стальной трубы диаметром 50 мм, глубиной 10 м.

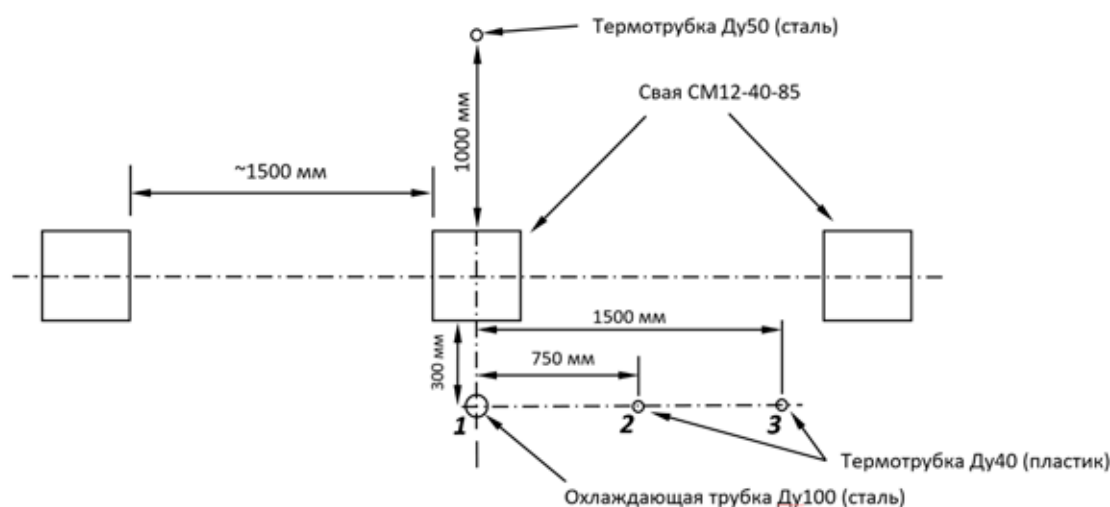


Рис. 1. Схема расположения охлаждающей трубы (1) и термотрубок (2, 3) относительно испытываемой сваи

В качестве криоагента был взят сухой лед, производимый на станции Якутская ТЭЦ из сжиженного углекислого газа. Загрузка криоагента производилась на высоту 3–4 м от дна скважины, примерная масса одной загрузки составляла 20 кг.

Грунты оснований (табл. 1) представлены засоленными суглинками влажностью 0,3–0,4 д. ед. (до глубины 1,5 м), засоленными песками пылеватыми влажностью 0,3 д. ед. (1,5–3 м), песками слабольдистыми влажностью 0,3 д. ед. (от 3 м и глубже).

В ходе эксперимента производилась регистрация температур в термометрических скважинах, температуры и высоты столба сухого льда в охлаждающей скважине (рис. 2). Регистрация температуры в термометрических скважинах производилась с помощью многозонных датчиков температуры с радиолотгерами производства АО НПП «Эталон», г. Омск. Температура в охлаждающей скважине контролировалась с применением преобразователя сигналов «Теркон», производства «Термэкс» (г. Томск).

Таблица 1

Характеристика грунтов на площадке

Тип грунта	Влажность, д. ед.	Глубина, м
Суглинок засоленный	0,3–0,4	0–1,5 м
Пески пылеватые засоленные	0,3	1,5–3 м
Пески слабольдистые	0,3	от 3 м и ниже



Рис. 2. Процесс проведения эксперимента

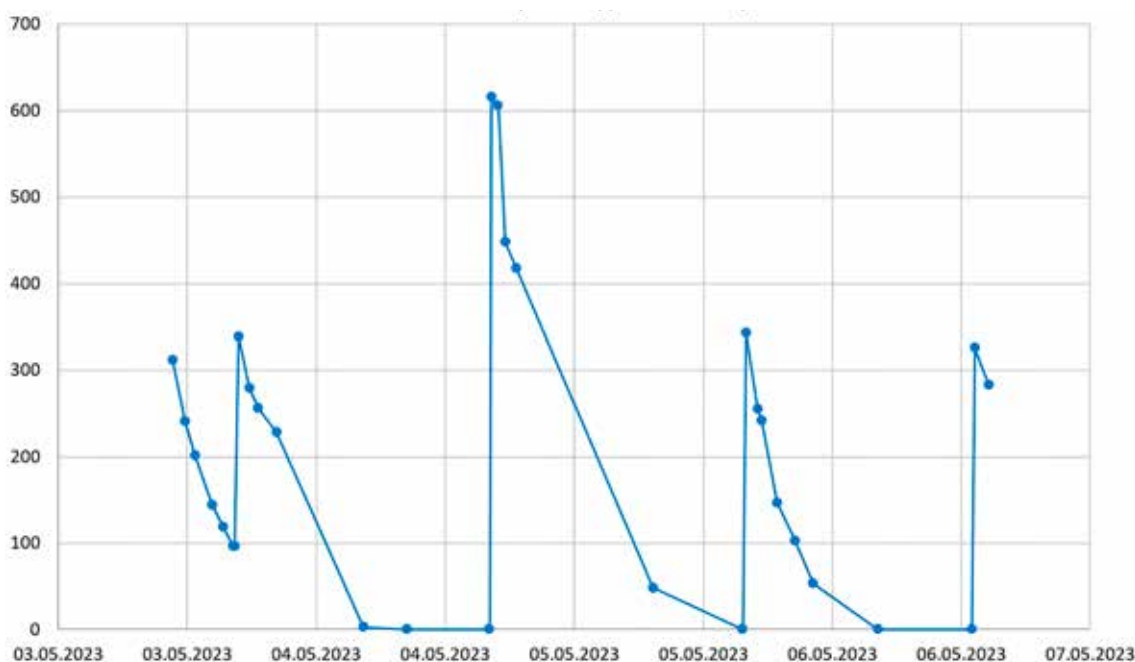


Рис. 3. Данные замеров высоты загрузки сухого льда в охлаждающей скважине

Таблица 2

Этапы загрузки криоагента в охлаждающую скважину

Загрузка	Время	Масса, кг
1	03.05.2023 10:40	19
2	03.05.2023 16:47	19
3	04.05.2023 16:20	20
4	05.05.2023 15:58	22
5	06.05.2023 13:15	20

Результаты исследования и их обсуждение

Охлаждающее воздействие производилось в течение 4 суток, всего было загружено около 100 кг в 5 этапов. На рис. 3 представлены результаты замеров столба сухого льда в охлаждающей скважине.

Разница в высоте столба сухого льда в скважине объясняется большой разницей в плотности криоагента. Масса использованного криоагента и время загрузок представлены в табл. 2.

В целом кривую расхода сухого льда по времени можно аппроксимировать в виде полинома третьего порядка (красная линия на рис. 4).

Регистрация температуры грунта проводилась в течение охлаждающего воздействия и далее в общей сложности в течение 15 суток.

Анализ данных регистрации температуры грунта (рис. 5, 6) показывает, что пик

воздействия на расстоянии 750 мм от охлаждающей скважины приходится на 4 сутки после начала охлаждения, максимальное понижение температуры в этот момент составило 0,88 °С. Затем, после прекращения охлаждающего воздействия максимальная разница температур к моменту завершения наблюдений составляет 0,35 °С. К завершению замеров устойчивое понижение температуры наблюдается на глубинах от 6 до 10 м. Среднее значение понижения температуры на данном диапазоне составляет 0,28 °С.

На расстоянии 1500 мм максимальное изменение температуры на глубине 9 м (-0,25 °С) устанавливается на 8 сутки после начала охлаждения и далее остается практически неизменным. К завершению замеров устойчивое снижение температуры грунта здесь наблюдается на глубинах от 7 до 10 м и составляет в среднем составило 0,1 °С.

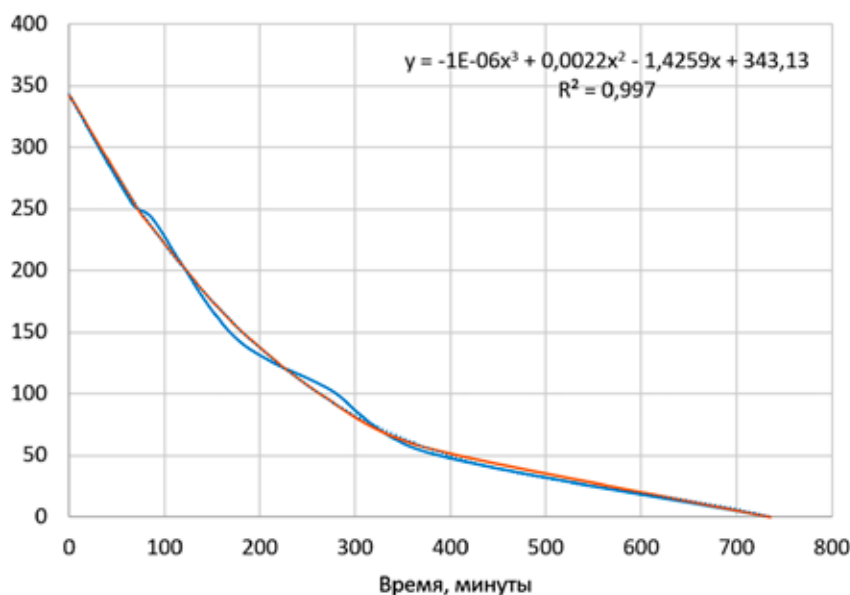


Рис. 4. Кривая расхода сухого льда

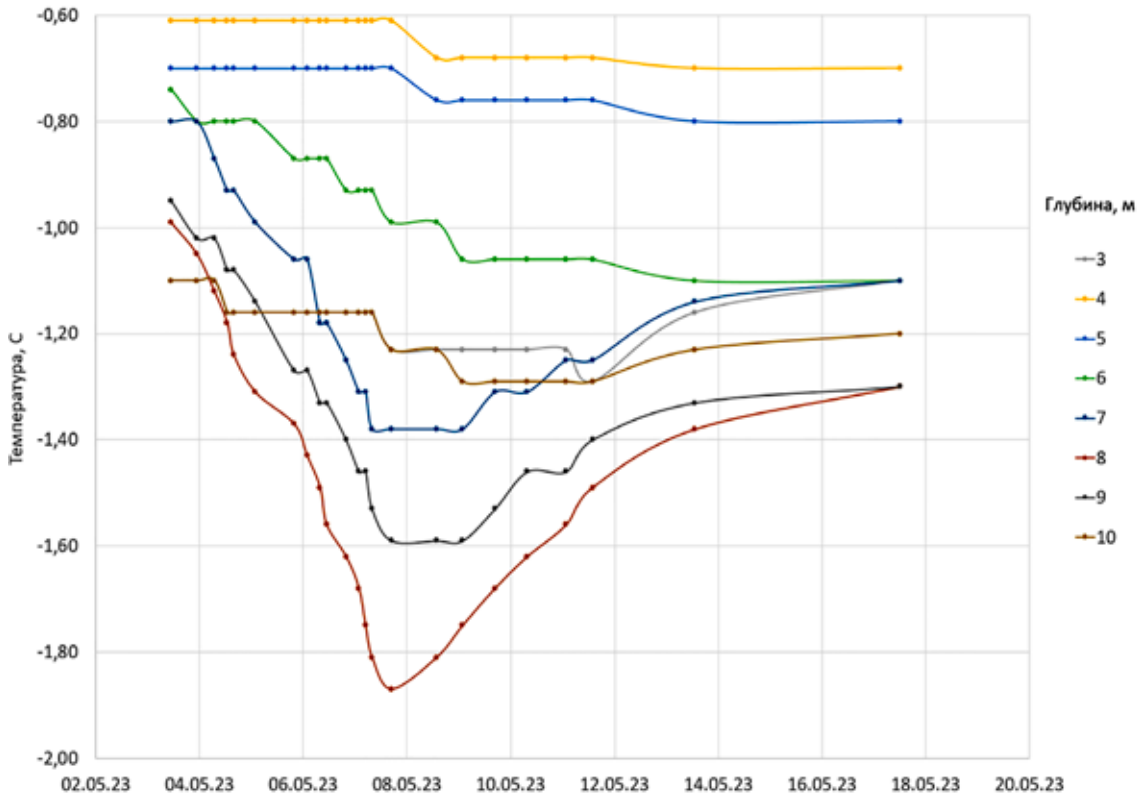


Рис. 5. Изменение температуры на различной глубине по времени на расстоянии 750 мм от охлаждающей скважины

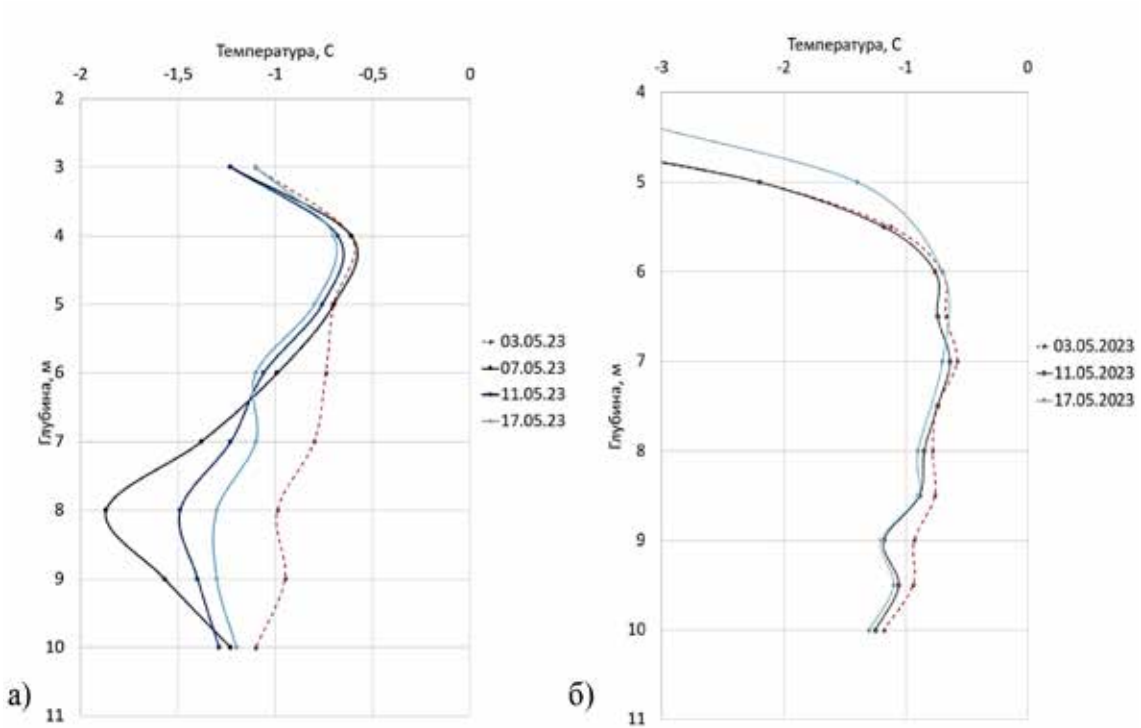


Рис. 6. Профили температуры грунта на расстоянии 750 мм от охлаждающей скважины (а) и на расстоянии 1500 мм от охлаждающей скважины (б)

Заключение

Технология охлаждения грунта с применением в качестве криоагента твердого диоксида углерода используется в основном для быстрой заморозки грунта и образования низкотемпературных ледогрунтовых ограждений и слоев при строительстве подземных сооружений и коммуникаций (подземные автостоянки, инфраструктура метрополитена, коллекторы).

Как показывают данные, полученные в ходе натурального эксперимента, в условиях Якутска испытываемая технология для целей понижения температуры грунтов оснований, даже при использовании единичной охлаждающей скважины на протяжении непродолжительного времени воздействия (4 суток), дает неплохой результат. Температурный режим грунтов Якутии характеризуется более низкими значениями в отличие от высокотемпературных грунтов регионов применения данной технологии (с температурой порядка $+10^{\circ}\text{C}$) и при заморозке талых грунтов основной расход сырья идет на обеспечение фазового перехода поровой влаги. В случае охлаждения уже мерзлого грунта расход криоагента будет относительно низким, но при наличии талых зон в охлаждаемом массиве расход криоагента будет значительно увеличиваться.

Таким образом, можно сделать вывод, что испытанный метод является перспективным для быстрого восстановления нарушенного в ходе строительных работ температурного режима грунта в условиях Республики Саха (Якутия). На данный момент основным ограничивающим фактором для применения данной технологии на сегодняшний день является дороговизна и ограниченный объем производ-

ства твердого диоксида углерода у местных поставщиков.

Список литературы

1. Васильев А.А., Гравис А.Г., Губарьков А.А., Дроздов Д.С., Коростелев Ю.В., Малкова Г.В., Облогов Г.Е., Пономарева О.Е., Садуртдинов М.Р., Стрелецкая И.Д., Стрелецкий Д.А., Устинова Е.В., Широков Р.С. Деградация мерзлоты: результаты многолетнего геокриологического мониторинга в западном секторе Российской Арктики // Криосфера Земли. 2020. Т. XXIV. № 2. С. 15–30.
2. Мельников В.П., Осипов В.И., Брушков А.В., Бадина С.В., Дроздов Д.С., Дубровин В.А., Железняк М.Н., Садуртдинов М.Р., Сергеев Д.О., Остарков Н.А., Фалалева А.А., Шелков Я.Ю. Оценка ущерба жилым и промышленным зданиям и сооружениям при изменении температур и оттаивании многолетнемерзлых грунтов в Арктической зоне Российской Федерации к середине XXI века // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2021. № 1. С. 14–31.
3. Бердников Н.М., Малкова Г.В., Дроздов Д.С., Коростелев Ю.В., Гравис А.Г., Пономарева О.Е. Прогнозная карта температуры многолетнемерзлых пород в криолитозоне России // Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 60-летию образования Института мерзлотоведения имени П.И. Мельникова СО РАН (Якутск, 28–30 сентября 2020 г.). Якутск: Издательство ИМЗ СО РАН Якутск, 2020. С. 63–65.
4. Ефимов В.М., Васильчук Ю.К., Рожин И.И., Попенков Ф.Е., Степанов А.В. Моделирование температурного режима грунтовых оснований с сезоннодействующими охлаждающими устройствами в условиях криолитозоны Республики Саха (Якутия) // Арктика и Антарктика. 2017. № 4. С. 86–97.
5. Шуплик М.Н., Борисенко В.Н. Технология искусственного замораживания грунтов с применением твердых криоагентов в подземном строительстве // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 8. С. 381–384.
6. Никифоров К.П., Киселев В.Н., Делпаны Е.А. Применение твердого холодоносителя («сухого льда») для искусственного замораживания // Подземное пространство мира. 2000. № 3. С. 24–28.
7. Николаев П.В. Опыт и перспективы развития ресурсосберегающих технологий замораживания грунтов в городском подземном строительстве // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 2. С. 367–371.
8. Николаев П.В. Совершенствование технологии искусственного замораживания грунтов с использованием твердых криоагентов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 10. С. 392–400.

РАСЧЕТ ТАЯНИЯ ЛЕДНИКА В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ДАННЫХ

¹Зырянова Д.С., ¹Пряхина Г.В., ¹Распутина В.А., ^{1,2}Кузнецова М.Р.

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург;
²Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург,
e-mail: levienche13@gmail.com

Исследование и оценка стока с водосбора, частично покрытого ледником, является предметом интереса как для теоретической гидрологии, так и для управления водными ресурсами в рамках водопользования и прогнозов состояния водных ресурсов горных регионов. Многие горные ледники уязвимы к изменению климата, со временем это приводит к их отступанию. Вместе с тем таяние ледников приводит к образованию прорывоопасных озерно-ледниковых комплексов в районах деградации оледенения. Целью данной работы является расчет стока с ледников Алтая в условиях недостатка данных. В ходе данной работы были рассмотрены два алгоритма расчета таяния ледника, основанные на уравнении теплового баланса. Первый основан на уравнении теплового баланса, используемого в модели A-melt, второй – на уравнении П.П. Кузьмина. Компьютерные реализации моделей были протестированы с помощью данных, полученных на перигляциальном озере Таможенное (ледник Некрасова, Южно-Чуйский хребет). При сравнении результатов моделирования наилучшие статистические показатели были получены для второй модели, хотя она использует меньшее количество составляющих теплового баланса и в ней используются эмпирические формулы.

Ключевые слова: ледниковый сток, алгоритм расчета стока, расчет абляции, тепловой баланс, формула П.П. Кузьмина

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-27-00171.

CALCULATION OF GLACIER MELTING IN CONDITIONS OF LACK OF DATA

¹Zyryanova D.S., ¹Pryakhina G.V., ¹Rasputina V.A., ^{1,2}Kuznetsova M.R.

¹Saint Petersburg State University, Saint Petersburg;
²Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg, e-mail: levienche13@gmail.com

The study and assessment of runoff from a watershed partially covered by a glacier is a subject of interest both for theoretical hydrology and for water resources management within the framework of water use and forecasts of the state of water resources in mountain regions. Many mountain glaciers are vulnerable to climate change, which eventually leads to their retreat. At the same time, the melting of glaciers leads to the formation of explosive lake-glacier complexes in areas of glaciation degradation. The purpose of this work is to calculate the runoff from Altai glaciers in conditions of data shortage. In the course of this work, two algorithms for calculating glacier melting based on the heat balance equation were considered. The first one is based on the heat balance equation used in the A-melt model, the second one is based on the equation of P.P. Kuzmin. Computer implementations of the models were tested using data obtained on the periglacial lake Tamozhennoe (Nekrasov Glacier, Yuzhno-Chuisky Ridge). When comparing the simulation results, the best statistical indicators were obtained for the second model, although it uses fewer components of the thermal balance and uses empirical formulas.

Keywords: glacial runoff, runoff calculation algorithm, ablation calculation, thermal balance, P.P. Kuzmin equation

The work was carried out with financial support from the RSF grant No. 23-27-00171.

Одним из основных источников питания высокогорных рек и озер является ледниковый сток; его объем и распределение во времени определяют гидрологический режим водных объектов. С начала XXI в. многие горные ледники реагируют на глобальное потепление сокращением площадей поверхности и объемов. При этом таяние ледников приводит к образованию прорывоопасных озерно-ледниковых комплексов в районах деградации оледенения. Зачастую для решения широкого спектра задач в рамках водопользования, прогнозов состояния водных ресурсов и обеспечения

безопасности горных регионов необходимы оценки величин стока с водосборов, имеющих оледенение.

Для расчета стока с ледников часто используются региональные зависимости, в основу которых положены данные измерений абляции. Последние проводятся эпизодически и далеко не на всех ледниках. Возможность использования эмпирических формул часто ограничена конкретным регионом, а создание новых требует обширных данных фактических наблюдений. В этом случае целесообразно применение математических моделей, основанных на фи-

зических закономерностях, не зависящих от конкретного горного региона. В условиях недостатка данных (регулярные гидрометеорологические наблюдения приурочены к редким метеостанциям или постам, чаще всего расположенным значительно ниже по высоте) алгоритм модели должен использовать относительно легко определяемую исходную информацию об объекте, а также рассчитывать сток с любого ледника с минимально возможной погрешностью.

В настоящее время наибольшее применение имеют модели, основанные на уравнениях теплового баланса [1–4]. Среди них – уравнение П.П. Кузьмина [5, с. 235], применимое как для расчета таяния снега, так и для моделирования ледникового стока, а также модель A-melt, которая показала хорошую сходимость результатов рассчитанных и измеренных значений абляции при расчете стока ледникового бассейна Джанкуат на Кавказе [6].

Целью данной работы является тестирование алгоритмов расчета величин талого ледникового стока в условиях недостатка данных на примере ледника Некрасова (Алтай).

Материалы и методы исследования

Объектом исследования, на примере которого выполнены расчеты, является карово-долинный ледник Некрасова, расположенный на территории Южно-Чуйского

хребта Центрального Алтая (рис. 1). Его площадь составляет 0,91 км², средняя высота – 3000 м.

Для оценки поверхностной абляции ледника производились измерения по деревянным рейкам (12 реек, длиной 1,5 и сечением 40 × 15 мм), которые были размещены в узлах сетки близкой к регулярной, покрывающей зону абляции ледника (рис. 2). Абляционные рейки устанавливались на характерных для ледника участках. Отсчеты снимались с помощью рулетки с точностью 0,5 см (погрешность 0,25 см) 1 раз в сутки с лицевой и обратной стороны рейки с последующим осреднением. С 12 (начало таяния) до 15 июля работы производились на рейках 1–8 (рис. 2), после чего были забурены рейки 9–12. Отсчеты по всем 12 рейкам продолжались до 29 июля.

В настоящей статье были рассмотрены два алгоритма расчета слоя таяния ледника. В основе первого лежит уравнение теплового баланса, представленное в модели A-melt [6]. Второй алгоритм основан на уравнении теплового баланса в форме, предложенной П.П. Кузьминым [5, с. 235].

Слой абляции в обоих случаях рассчитывается на основе теплового баланса ω кал/кв.см:

$$A = (10\omega) / L = \omega / 8, \quad (1)$$

где A – слой абляции (мм), L – скрытая теплота плавления льда (80 кал/г) [6].

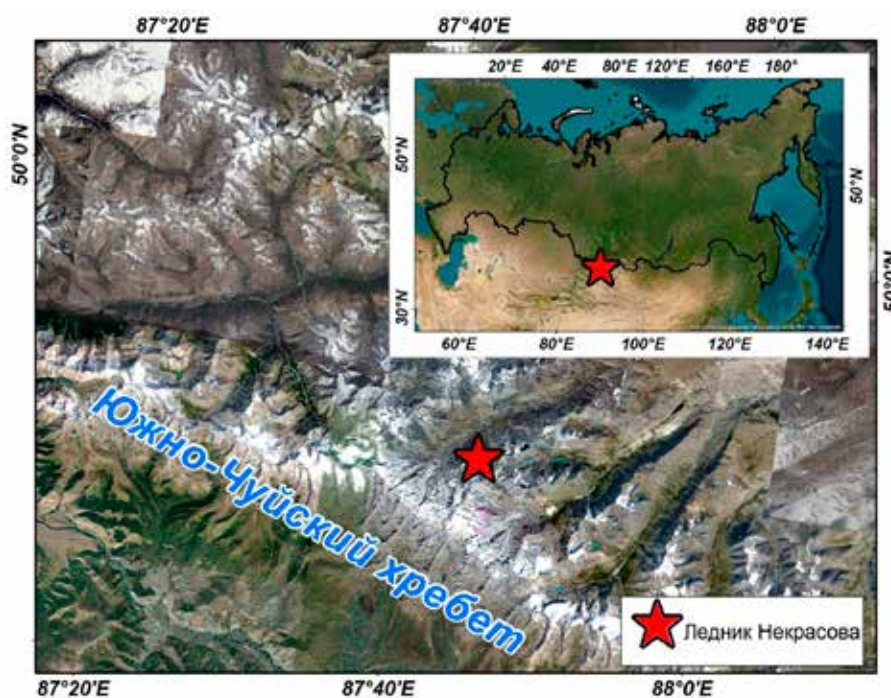


Рис. 1. Месторасположение ледника Некрасова



Рис. 2. Схема расположения абляционных рек на леднике Некрасова

Тепловая энергия ω кал/кв.см определяется с помощью уравнений теплового баланса, записанных для первого и второго случая уравнениями (2) и (3) соответственно:

$$\omega = S_{cp} + E_a - E_3 \pm \omega_T \pm \omega_{лк} \pm Q_M \pm S. \quad (2)$$

$$\omega = S_{cp} + E_3 + E_a + \omega_T. \quad (3)$$

где S_{cp} – приходная коротковолновая радиация, кал/см²; E_a – встречное излучение атмосферы, кал/см²; E_3 – длинноволновое излучение земной поверхности, кал/см²; ω_T – турбулентный теплообмен с атмосферой, кал/см²; $\omega_{лк}$ – скрытый поток тепла, возникающий за счет испарения, кал/см²; Q_M – поток тепла через чехол моренных отложений, кал/см²; S – тепло, приносимое с дождевыми осадками, кал/см².

Несмотря на то, что оба алгоритма основаны на уравнении теплового баланса, в первом учитывается большее количество составляющих (табл. 1), а также есть различия в используемых формулах и коэффициентах при их расчетах. Так, расчет суммарной приходной коротковолновой радиации различается только в использовании коэффициентов для учета нижней (N_H) и общей облачности (N_0). При $N_0 = N_H$ формулы становятся одинаковыми. Встречное излучение атмосферы принимается как константа в первом алгоритме, но рассчитывается во втором как составляющая уравнения П.П. Кузьмина. Испарение при расчете турбулентного теплообмена определя-

ется по формуле П.П. Кузьмина [5, с. 71]. Длинноволновое излучение поверхности рассчитывается по уравнению Стефана – Больцмана. Отметим также, что параметры с 5 по 7 (табл. 1) в уравнении П.П. Кузьмина (второй алгоритм) не учитываются.

Сумма $k_s + k_D N$ в уравнении (10) (табл. 1) зависит от прозрачности атмосферы. Коэффициент k_s является табличным значением (табл. 2). Коэффициент k_D при наличии устойчивого снежного покрова рассчитывается по формуле (11) (табл. 1). Отношение $D/S' = (D/S) \cdot (1/\sin h_{\text{пл}})$, где D/S является табличным значением (табл. 2). Полученное значение $(Q+q)_0$ необходимо умножить на долю светлого времени суток – D_z . Таблицы с описанными выше коэффициентами также приведены в [7, с. 130, 158–165].

Альbedo (α_s) определено с помощью формулы (12) (табл. 1). Расчет по данному уравнению начинается с момента последнего снегопада. В начальный момент времени $n = 0$ значение альbedo будет минимальным, так как на поверхности ледника будет лежать свежавыпавший снег. В дальнейшем снег начинает стареть и его альbedo постепенно растет в экспоненциальной зависимости от количества дней с последнего выпадения снега. Влияет на альbedo и то, какая температура воздуха была на момент снегопада: при положительных ее значениях рост альbedo будет быстрее, чем при отрицательных [8, 9].

В связи с отсутствием измеренных данных на леднике при расчете принимались следующие допущения: скорость ветра при тестировании обоих алгоритмов была принята как константа (в зависимости от высо-

ты местности, [10]); температура поверхности ледника – равной нулю, то есть температуре тающего льда; нижняя облачность равной общей. В табл. 2 приведены значения используемых при расчетах параметров.

Таблица 1

Формулы, используемые в расчетах элементов теплового баланса

Параметр	1 алгоритм	2 алгоритм (формула П.П. Кузьмина)
1 Суммарная приходная коротковолновая радиация	$S_{cp} = (Q + q)_0 (1 - \alpha_s) \cdot (1 - 0,67N_H - 0,14(N_O - N_H))$	$S_{cp} = (Q + q)_0 (1 - \alpha_s) \cdot (1 - 0,20N_0 - 0,47N_H)$
2 Встречное излучение атмосферы	Принимается как константа	$E_a = (1440(0,62 + 0,05\sqrt{e_{200}}) \cdot (1 + 0,12N_0 + 0,12N_H)) \varepsilon \sigma T_g^4$
3 Длинноволновое излучение поверхности	$E_z = \varepsilon \sigma (T_{нов} + 273,15)^4$	
4 Турбулентный теплообмен	$\omega_m = 390 \frac{(0,18 + 0,098u)(e_n - e_{200})}{(e_n - e_{200})} (T_g - T_{нов})$	$\omega_m = 80,878(1 + 0,547u) \cdot [(T_g - T_{нов}) + 1,75(e_{200} - e_n)]$
5 Скрытый поток тепла за счет испарения	$\omega_{лк} = C_{p,g} T_{нов} (0,0075 + 0,041u)(e_n - e_{200})$	Не учитывается
6 Поток тепла через чехол моренных отложений	$Q_m = \frac{\lambda(T_m - T_{нов})}{h_m}$	Не учитывается
7 Приход тепла, приносимый с атмосферными осадками	$S = C_{p,g} P T_g$	Не учитывается
8 Величина абсолютной влажности воздуха	$e_n = 6,11 \cdot 10^{7,5T_{нов}/(273,15+T_{нов})}$	
9 Давление насыщенного пара	$e_{200} = e_n R_h$	
10 Суточные суммы суммарной радиации	$(Q + q)_0 = D_z (k_{S'} + k_D N) \sin h_n \sum S$	
11 Коэффициент k_D	$k_D = \frac{\left(1 + \frac{D}{S'}\right) \cdot 1,19 - 1}{\left(1 + \frac{D}{S'}\right) \cdot 1,04 - 1}$	
12 Альбеда	$\alpha_s = \alpha_0 + K \cdot \exp(-nr)$	

Примечание: обозначения составляющих уравнений, значения коэффициентов и констант приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения параметров, используемых при расчетах

Параметр	Обозначение	Значение	Единица измерения	Примечание
Скрытая теплота плавления льда	L	80	кал/г	–
Высота Солнца над горизонтом в полдень	h_n	55	град.	Зависит от времени года и местоположения изучаемого объекта
Коэффициент k_s	k_s	0,72	б/р	Табл. 29, [7, с. 165]
Коэффициент N	N	0,53	б/р	формула 7.23, [7, с. 158]
Суточная сумма радиации без учета облачности, прозрачности атмосферы и угла падения солнечных лучей	ΣS	800	кал/см ²	Рис. 41, [7, с. 161]
Отношение рассеянной радиации к прямой	D/S'	0,12	б/р	Табл. 24, [7, с. 130]
Доля светлого времени суток	D_z	16/24	б/р	Измеряется в полевых условиях
Минимальное альbedo	α_0	0,25	б/р	Соответствует альbedo старого подтаявшего снега
Максимальное альbedo	α_{max}	0,85	б/р	Соответствует альbedo свежеевыпавшего снега
Коэффициент K	K	$K = \alpha_{max} - \alpha_0$	б/р	–
Номер дня с момента последнего снегопада	n	Увеличивается с каждым днем на 1. В день выпадения снега приравнивается к 0	дни	–
Коэффициент рецессии	r	$\begin{cases} r = 0,04 \text{ при } T_e < 0 \\ r = 0,08 \text{ при } T_e > 0 \end{cases}$	б/р	–
Встречное излучение атмосферы	E_a	0,15	кал/(см ² ·мин)	Для горных районов принимается 0,1–0,2
Коэффициент серости излучающего материала	ε	0,98	б/р	–
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	$8,26 \cdot 10^{-11}$	кал/(см ² ·мин·К ⁴)	–
Температура поверхности ледника	$T_{пов}$	0	°С	Измеряется в полевых условиях
Температура воздуха	T_e	Измеряется в полевых условиях	°С	Измеряется в полевых условиях
Скорость ветра на высоте флюгера	u	5,1	м/с	Для высоты 3000 м в августе, табл. 6.4, [10, с. 161]
Влажность воздуха	R_h	Массив данных с дискретностью измерения сутки	в долях единицы	Измеряется в полевых условиях
Теплопроводность морены	λ	2,22	Вт/м·К	–
Температура поверхности морены	T_m	Массив данных с дискретностью измерения сутки	°С	Измеряется в полевых условиях

Окончание табл. 2

Параметр	Обозначение	Значение	Единица измерения	Примечание
Слой осадков	P	Измеряется в полевых условиях	мм	Измеряется в полевых условиях
Теплоемкость воды	$C_{p,в}$	1	кал/град	–
Общая облачность	N_o	Массив данных с дискретностью измерения сутки	в долях единицы	Измеряется в полевых условиях
Нижняя облачность	N_n	Массив данных с дискретностью измерения сутки	в долях единицы	Измеряется в полевых условиях

Оценка сходимости рассчитанных и измеренных величин слоя таяния оценивались относительно критического коэффициента корреляции:

$$K_{крит} = \frac{2}{\sqrt{m+2}}, \quad (4)$$

где m – период, для которого производилось сравнение результатов моделирования и измерений абляции.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных результатов показал удовлетворительную сходимость суточных слоев таяния ледника, рассчитанных с помощью обоих алгоритмов и величиной абляции по данным измерений на леднике

(рис. 3). Коэффициенты корреляции K между расчетными и измеренными значениями составили 0,59 и 0,61 для первого и второго алгоритмов соответственно, что превысило в обоих случаях критическое значение коэффициента корреляции $K_{крит}$, составляющее 0,46 (при уровне значимости $\alpha = 5\%$).

$$K_{крит} = \frac{2}{\sqrt{17+2}} = 0,46.$$

Абсолютная и относительная погрешности расчетов, средняя квадратическая ошибка оказались меньше по второй модели (табл. 3). Таким образом, несмотря на упрощенную запись уравнения теплового баланса, второй алгоритм точнее описывает таяние ледника, хотя обе модели можно считать приемлемыми.

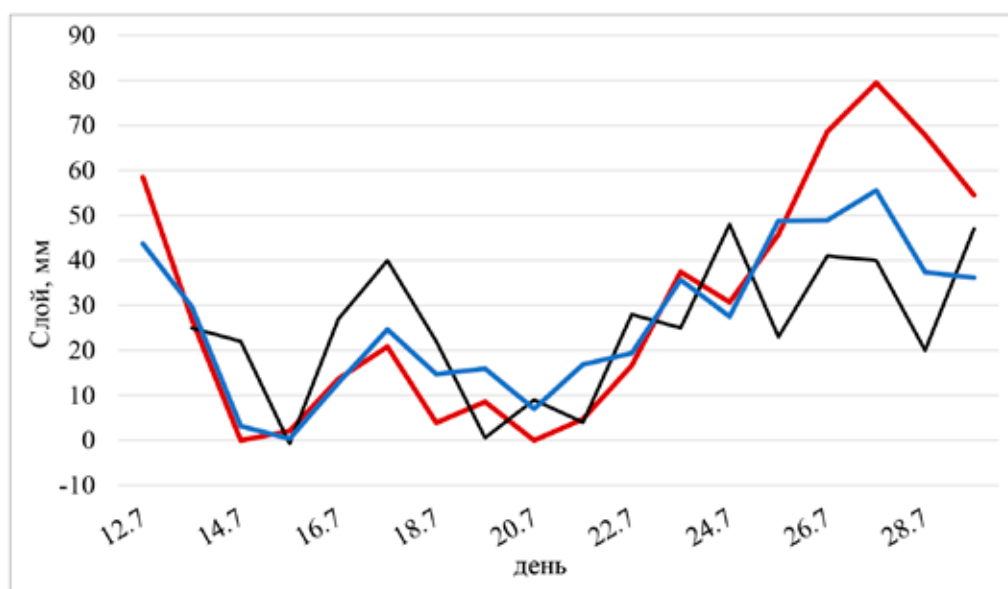


Рис. 3. Графики хода значений слоя таяния ледника Некрасова: черным цветом обозначены измеренные значения 12–29 июля 2022 г.; красным – рассчитанные по первому алгоритму; синим – рассчитанные по второму алгоритму

Таблица 3

Статистические характеристики расчетов

	1-й алгоритм	2-й алгоритм
Коэффициент корреляции	0,58	0,61
Абсолютная погрешность суммарного стока, мм	41	17
Относительная погрешность суммарного стока, %	17	4
Средняя квадратическая ошибка, мм	28,0	13,1

Таблица 4

Величины суммарного слоя таяния

Суммарный измеренный слой стока, мм	Рассчитанный по 1-му алгоритму, мм	Рассчитанный по 2-му алгоритму (формула П.П. Кузьмина), мм
421	462	438

Рассчитанная величина суммарного стока за рассмотренный период по первому алгоритму превышает суммарный сток на 10%, по второму – на 4% (табл. 4), что в целом можно считать удовлетворительным результатом в обоих случаях.

Несмотря на то, что рассматриваемые алгоритмы основаны на уравнении теплового баланса, результаты расчета заметно различаются. Было выявлено, что наибольшую погрешность в расчете первой модели вносит турбулентный теплообмен, для определения которого необходимо рассчитывать суточные величины испарения. В случае расчета последнего по формуле Семенова турбулентный теплообмен не зависит от влажности воздуха, что вносит ошибку в расчет. Кроме того, при расчете по первому алгоритму величина встречного излучения атмосферы принимается как константа (табл. 2) и не отражает реально существующую динамику, что также может вносить большую погрешность. Отметим также, что существенную ошибку при расчетах может вносить неточное определение значений суммарной солнечной радиации [5, с. 157]. Также рекомендуется использовать значения альбедо, полученные с помощью специального оборудования в полевых условиях. Особое внимание хотелось бы обратить на коэффициент D_2 . Необходимость его применения была выявлена в процессе численных экспериментов.

Все вышеприведенные факторы способны вызывать в той или иной мере погрешности и ошибки расчета. Первый алгоритм явно завышает данные, полученные в результате расчетов, из-за неподходящего уравнения для вычисления суточного испа-

рения и одновременно занижает из-за принятия значения встречного излучения атмосферы как константы. Наиболее интересен тот факт, что в сумме эти параметры дают близкие друг к другу значения, то есть ошибки нивелируют друг друга. Модель П.П. Кузьмина может занижать рассчитанные слои стока из-за недоучета тепла, приносимого с осадками.

Заключение

При тестировании алгоритмов наилучшие результаты показала модель, основанная на уравнении П.П. Кузьмина, коэффициент корреляции для расчетов стока с ледника составил 0,61 при критическом значении 0,46. Вторая модель при учете большего количества составляющих теплового баланса показала менее точный результат из-за существенных погрешностей в расчете испарения и недоучете изменения величины встречного излучения атмосферы (принималась как константа).

В дальнейшем для расчета слоев стока с ледников Алтая планируется использовать алгоритм, основанный на уравнении П.П. Кузьмина с учетом тепла, приносимого с осадками, и измеренных в полевых условиях значений приходящей радиации и скорости ветра.

Список литературы

1. Зырянова Д.С., Пряхина Г.В. Обзор методов расчета стока с водосбора, частично покрытого ледником // XIX Большой географический фестиваль: сборник материалов участников фестиваля (Санкт-Петербург, 7–9 апреля 2023 г.). СПб.: Свое издательство, 2023. С. 168–173.
2. Кузнецова М.Р., Пряхина Г.В. Методы расчета слоя таяния снега в антарктическом оазисе Холмы Ларсеманн // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2022. № 67 (3). С. 515–528.

3. Прохорова У.В., Терехов А.В., Иванов Б.В., Веркулич С.Р. Расчет составляющих теплового баланса ледника Альдегонда (западный Шпицберген) в период абляции по данным наблюдений 2019 года // Криосфера Земли. 2021. Т. XXV, № 3. С. 50–60.
4. Рыбак О.О., Рыбак Е.А., Морозова П.А. Моделирование и прогноз баланса массы горных ледников Центрального Кавказа в условиях климатических изменений // Системы контроля окружающей среды. 2016. № 6 (26). С. 93–100.
5. Кузьмин П.П. Процессы таяния снежного покрова. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1961. 344 с.
6. Рец Е.П., Петраков Д.А., Шпунтова А.М. Использование физико-математической модели таяния снега и льда A-Melt для реконструкции баланса массы ледников Внутреннего Тянь-Шаня // III Виноградовские чтения. Грани гидрологии: сборник докладов международной научной конференции (Санкт-Петербург, 28–30 марта 2018 г.). СПб.: Научное издательство «Гео» 2018. С. 122–126.
7. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. 232 с.
8. Hanzer F., Helfricht K., Marke T., Strasser U. Multilevel spatiotemporal validation of snow/ice mass balance and runoff modeling in glacierized catchments // The Cryosphere. 2016. № 10. P. 1859–1881.
9. Prokhorova U., Terekhov A., Ivanov B., Demidov V. Heat balance of a low-elevated Svalbard glacier during the ablation season: A case study of Aldegondabreen // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2023. Vol. 55, Is. 1. P. 1–12.
10. Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян. Томск: Издательство Томского государственного университета, 1998. 201 с.

УДК 622.75/.77
DOI

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТЯЖЕЛЫХ ЧАСТИЦ ЧЕРЕЗ МАГНИТНУЮ ПОСТЕЛЬ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЫ С ПОЛЮСОПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Слепцова Е.С., Яковлев Б.В., Матвеев А.И.

ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»
Институт горного дела Севера имени Н.В. Черского Сибирского отделения
Российской академии наук, Якутск, e-mail: slept@mail.ru

Для эффективного обогащения золотосодержащих концентратов и шлихов с высоким содержанием магнитных минералов в лаборатории обогащения полезных ископаемых Института горного дела Севера Сибирского отделения Российской академии наук предложен способ обогащения в отсадочной машине с магнитной системой. В предложенном способе в отсадочной машине осуществляется комбинация гравитационного обогащения и магнитной сепарации. Важнейшим фактором процесса эффективного извлечения золота из шлиховых продуктов обогащения с содержанием железного скрапа и минералов с высокой магнитной восприимчивостью в отсадочной машине является постоянная разрыхленность формирующейся естественной постели. В дальнейшем способ был усовершенствован и разработан электроимпульсный источник для создания полюсопеременного магнитного поля, позволяющего обеспечить разрыхленное состояние постели. Разработана физико-математическая модель на основании уравнения типа Фоккера – Планка по определению вероятности прохождения через толщу постели частиц при условии требуемого состояния разрыхленности. Апробация модели показывает, что полученные расчеты коррелируются с результатами экспериментов на отсадочной машине с электромагнитной установкой при условиях отсадочного процесса: частоте отсадочного цикла 210 мин⁻¹, высоте постели 80 мм, амплитуде 6 мм и длительности импульсов полюсопеременного магнитного поля с 0,1 с.

Ключевые слова: модель, вероятность, отсадка, шлихи, магнитные поля, электроимпульсный источник

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0297-2021-0022, ЕГИСУ НИОКТР № 122011800089-2) с использованием оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН (грант № 13.ЦКП.21.0016).

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF THE PERMEABILITY OF HEAVY PARTICLES THROUGH THE MAGNETIC BED OF A JIGGING MACHINE WITH A POLE-VARIABLE MAGNETIC FIELD

Sleptsova E.S., Yakovlev B.V., Matveev A.I.

*Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences N.V. Chersky
Mining Institute of the North of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yakutsk, e-mail: slept@mail.ru*

For the effective enrichment of gold-containing concentrates and heavy concentrate with a high content of magnetic minerals, a beneficiation method in a jigging machine with a magnetic system has been proposed in the laboratory of the Laboratory mineral processing of the Institute of Mining of the North SB RAS. In the proposed method, a combination of gravitational enrichment and magnetic separation is carried out in a jigging machine. The most important factor in the process of effective extraction of gold from concentrate enrichment products containing iron scrap and minerals with high magnetic susceptibility in a jigging machine is the constant loosening of the forming natural bed. Subsequently, the method was improved and an electric pulse source was developed to create a pole-alternating magnetic field, which makes it possible to ensure a loosened state of the bed. A physical and mathematical model has been developed based on a Fokker – Planck type equation to determine the probability of particles passing through the thickness of a bed under the condition of the required state of loosening. Aprrobation of the model shows that the obtained calculations correlate with the results of experiments on a jigger with an electromagnetic installation under the conditions of the jigging process: jigger cycle frequency 210 min⁻¹, bed height 80 mm, amplitude 6 mm and pulse duration of the pole-alternating magnetic field from 0,1 sec.

Keywords: model, probability, jigging, heavy concentrate, magnetic fields, electric pulse source

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 0297-2021-0022, Unified state information system for recording the results of research and development work No. 122011800089-2) using the equipment of the Center for Collective Use of the Federal research center «Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» (grant No. 13.TSKP.21.0016).

Как правило, в процессе гравитационного обогащения в концентрат переходят пустые минералы высокой плотности, в том числе материалы с высокой магнитной восприимчивостью, в первую очередь магнетит и железный скрап. Наличие их в концентратах усложняет процесс получения высококачественных концентратов. А процесс доводки их сложен, энергозатратен и требует многоциклового переработки с последовательным удалением магнитной сепарацией.

Наряду с применением обычных методов магнитной сепарации с использованием традиционных магнитных сепараторов в практике золотодобычи широко применяются магнитогидродинамический, магнито-гидростатический методы, магнитно-флокуляционная, магнитно-гравитационная сепарации [1–3], а также магнитная сепарация в импульсных градиентных полях [4].

Вместе с тем проблема поиска новых технологических решений в эффективной переработке и доводке концентратов остается актуальной.

В лаборатории ОПИ разработан способ обогащения в отсадочной машине с магнитной системой. Применение комбинированного воздействия гравитационных и магнитных полей на процесс разделения золота из магнитных материалов при отсадке позволяет совмещать процессы магнитной сепарации и гравитационной доводки шлихов и концентратов в одном аппарате – отсадочной машине с магнитной системой.

Цель исследования – исследование проницаемости тяжелых ценных компонентов через толщу магнитной постели в камерный продукт отсадочной машины в поле действия полюсопеременного магнитного поля и разработка модели вероятности осаждения.

В известных способах извлечения золота с использованием магнитного поля, например на шлюзе с уложенными на донной части постоянными магнитами, достигается концентрация золота по принципу формирования улавливающего магнитно-флокулированного коврика (постели). Золото концентрируется на таком коврике, но при нарастании количества материала и минералов с магнитными свойствами становится проблема последующего разделения золота от такого «ковра» [5].

Для решения данной проблемы был предложен способ отсадки в магнитном поле, достигаемый за счет установки постоянных магнитов на отсадочном решетке. Однако эксперименты показали, что в этом случае происходило интенсивное накопле-

ние (спрессование) магнитных материалов. Образующаяся структура сложно поддается разрыхлению гидродинамическими силами (восходящие и нисходящие циклы отсадки). При усилении параметров отсадочного цикла, амплитуды и частоты, равномерность распределения материала в постели нарушается, образуются зоны пробивания, и процесс разделения расстраивается. Таким образом, определяющим фактором эффективного извлечения золота при отсадке в поле действия магнитного поля является обеспечение разрыхленного состояния постели, но и не менее важным – обеспечение однородности постели по всей площади.

Следовательно, магнитное поле, создаваемое магнитной системой, должно быть динамичным. Наиболее рациональные условия обеспечения разрыхленности и однородности постели достигаются при использовании полюсопеременного магнитного поля [6].

Нами разработан электроимпульсный источник для создания полюсопеременного магнитного поля, позволяющий обеспечить разрыхленное состояние постели. На решетку устанавливается ячейка с расположением на специальных держателях постоянных магнитов и электромагнитов (рис. 1).

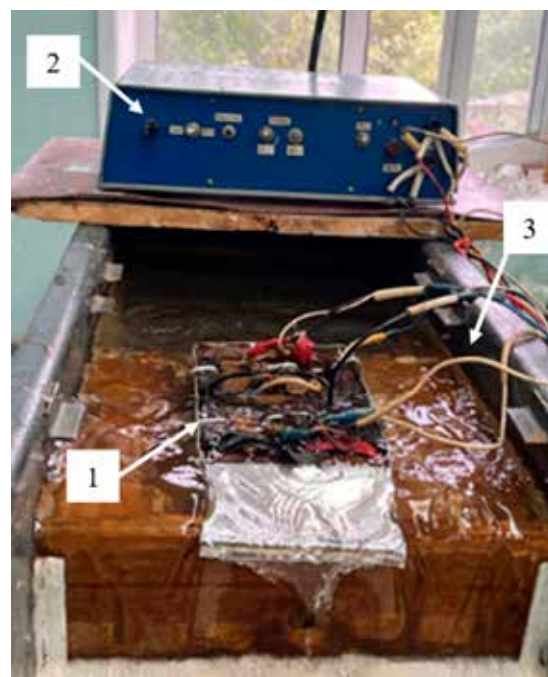


Рис. 1. Общий вид электромагнитной ячейки и электроимпульсного источника на отсадочной машине МОД-0,2; 1 – электромагнитная ячейка; 2 – электроимпульсный источник; 3 – отсадочная машина МОД-0,2

Благодаря постоянным магнитам в постели поддерживается постоянная концентрация магнитных минералов. При этом в результате непрерывной перемены полюсов источника магнитного поля (электромагнитов) в ячейке образуется подвижная постель, тем самым достигается ее разрыхленное состояние. При этом исключается переуплотнение постели и благодаря обеспечению подвижности и разрыхленности постели под действием пульсирующих циклов отсадки обеспечивается сегрегационное осаждение и проницаемость тяжелых частиц извлекаемых полезных компонентов (золото) через толщу постели в камерный продукт отсадочной машины.

Физико-математическое моделирование

Для моделирования процесса отсадки используется теория броуновской частицы, где решается уравнение типа Фоккера – Планка [7].

На поддержание разрыхленного состояния постели, сформированной из магнитных материалов, вследствие образования сфлукулированных структур, выстраивающихся вдоль линий магнитной индукции, недостаточно использования пульсирующих нисходящих и восходящих потоков воды. При применении постоянного магнитного поля постель отсадочной машины не способна пропускать через себя тяжелые немагнитные частицы. А при применении полюсопеременного магнитного поля магнитные частицы переходят в дополнительное колебательное перемещение (движение) за счет

периодического изменения силовых линий примерно на 90° (при сочетании действия постоянного магнитного поля и электромагнитного поля) с частотой, соответствующей частоте периодического изменения полюсов источника магнитного поля. Физическая модель процесса основана на представлении вероятности выхода немагнитных тяжелых частиц из области окружения колеблющихся магнитных частиц, которые совершают колебательные движения с амплитудой примерно равной размеру зерен и с частотой, соответствующей частоте источника переменного магнитного поля. Последние, совершая колебательные движения с определенной частотой и амплитудой, бомбардируют исследуемую частицу. В результате частица совершает марковский процесс, т.е. случайные дискретные перемещения, независящие от предыстории, но под воздействием силы тяжести перемещается вниз. Такой процесс описывается уравнением типа Фоккера – Планка, решение которого представлено в теории движения броуновской частицы [8].

На основании уравнения типа Фоккера – Планка для отсадочного процесса, находящегося в поле действия полюсопеременного магнитного поля, в результате физико-математического моделирования определена формула расчета вероятности прохождения немагнитной частицы с массой m в плотной постели определенной толщины, сформированной частицами с высокой магнитной восприимчивостью (магнитных шлихов) в зависимости от времени:

$$n(t, x) = \frac{1}{\sqrt{4\pi Dt}} \left(\exp\left(-\frac{(x-h)^2}{4Dt}\right) + \exp\left(-\frac{(x+h)^2}{4Dt}\right) \right) \exp\left(-\frac{(mg)^2 t}{4k\alpha} - \frac{mg(x-h)}{2k}\right) + \frac{mg}{k} \exp\left(-\frac{mgx}{k}\right) \frac{1}{\sqrt{4\pi Dt}} \int_{-\infty}^{\frac{mgt}{\alpha} - x - h} \exp\left(-\frac{\eta^2}{4Dt}\right) d\eta, \quad (1)$$

где x [м] – координаты исследуемой частицы, отсчитываемые от нижней поверхности постели отсадочной машины, h [м] – высота постели, m [кг] – масса частицы, g – [м/с²] ускорение свободного падения, $D = k / \alpha$ [м²/с], $\alpha = \frac{m\omega_0}{2\pi} + 6\pi\eta r_1$ [кг/с] – коэффициент сопротивления среды, ω_0 [1/с] – частота колебаний зерен шлиха, η [кг/м с] – вязкость среды, r_1 [м] – радиус исследуемой частицы,

k [Дж] – коэффициент градиентной силы, которая пропорциональна энергии бомбардирующих частиц окружающей среды, $n(t, x)$ [1/м] – плотность вероятности.

В модели рассматривается движение частицы меньшего размера (принята шарообразная форма частицы), чем окружающие. Определяется зависимость вероятности выхода данной немагнитной частицы с массой m и с размером r_1 из окружения частиц

с условными радиусами r_0 . Моделируется вероятность перемещения тяжелой частицы под воздействием силы тяжести и условий отсадки через толщу постели (высоты h).

Рассматривается поведение частицы в полой области, которая появляется вокруг исследуемой частицы, при колебательных процессах плотноупакованной системы. Полую область можно рассматривать как сферическую поверхность определенного размера l с проемами (рис. 2). Размер полой области зависит от амплитуды колебательных движений системы a , т.е. $l = 2r_0 + a$. С расширением полой области увеличиваются проемы между частицами, где может протиснуться рассматриваемая частица радиуса r_1 .

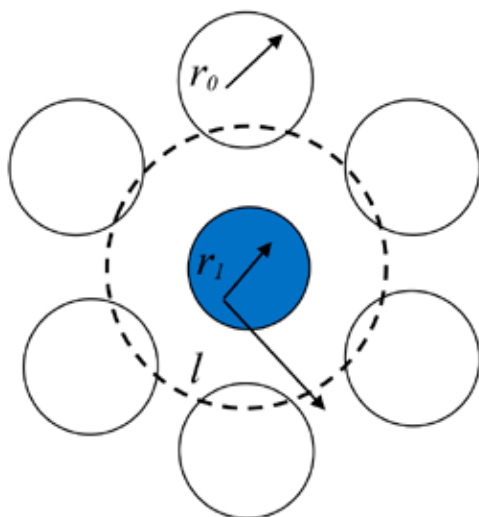


Рис. 2. Область движения исследуемой частицы радиуса r_1 , r_0 – радиус окружающих шаров

Площади этих проемов, через которые может протиснуться частица, зависят от амплитуды колебаний постели, а вероятность прохождения частицы через нее – от размера исследуемой частицы, частоты колебаний постели и площади проемов. Так, просуммировав эти площади и обозначив S , мы можем полую область рассматривать как сферу с проемом, площадь которого пропорциональна квадрату радиуса сферы $S \sim l^2$, т.е.:

$$S = 4\pi l^2 - n_0 \pi r_0^2 = \pi r_0^2 (16 - n_0) - 16\pi r_0 a + 4\pi a^2, \quad (2)$$

где n_0 – количество частиц ближайшего окружения рассматриваемой частицы при плотной упаковке.

Вероятность того, что частица покинет данную сферу, пропорциональна потоку частиц через эту площадь:

$$W \sim \Phi = n v S, \quad (3)$$

где n – «концентрация» частиц внутри полой области, которая пропорциональна частоте колебательных движений системы, v – скорость частицы, равная скорости частиц окружающей среды, которая пропорциональна также частоте колебаний среды и ее амплитуде $v \sim a v$.

Если исследуемая частица размером меньше, то вероятность увеличивается как отношение площади S к πr_1^2 . Таким образом, для вероятности прохождения частицы через проемы получается следующее выражение:

$$W \sim \frac{a v^2}{r_1^2} [\pi r_0^2 (16 - n_0) - 16\pi r_0 a + 4\pi a^2]. \quad (4)$$

Выражение (4) в уравнение для вероятности (1) входит как множитель к коэффициенту диффузии:

$$D = \frac{a v^2}{r_1^2} [\pi r_0^2 (16 - n_0) - 16\pi r_0 a + 4\pi a^2] \frac{k}{\alpha}. \quad (5)$$

На рис. 3 представлены графики распределения вероятности местонахождения исследуемой частицы в постели отсадочной машины с различными размерами, рассчитанные по формулам (1) и (4). Приводятся зависимости плотности вероятности местонахождения исследуемой частицы по высоте постели отсадочной машины. По вертикали – координаты частицы, по горизонтали – плотности вероятности. Например, через 2 мин после начала движения наиболее вероятное местонахождение исследуемой частицы (максимальное значение красной линии) находилось на высоте 1 м, через десять минут вероятное положение частицы расплывается и опускается вниз (синяя пунктирная линия) и т.д. Дальше изображены вероятности через 22, 32, 42 мин. На рис. 3, б, представлены графики вероятностей для частицы меньшего в 1,5 раза размера при тех же условиях. Рисунок наглядно показывает, что, согласно модели, движение частицы меньшего размера происходит быстрее.

Экспериментальные исследования проводились с естественными шлиховыми концентратами месторождения Большой Кураных. Шлиховой материал представлен главным образом магнетитом, рыхлыми гидроокислами железа, гематитом и тяжелыми минералами.

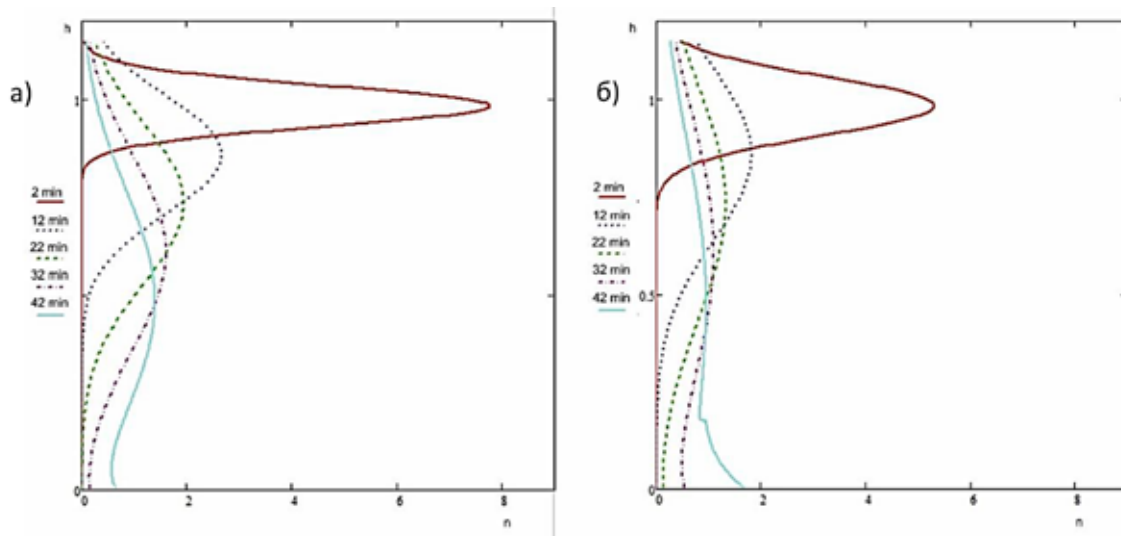


Рис. 3. Относительная вероятность местонахождения частицы в отсадочной машине с различными размерами при одинаковых условиях: а) движение частицы с радиусом r_p , б) движение частицы с радиусом $r_p/1,5$, через различные промежутки времени. По вертикали – высота координат частицы, по горизонтали – относительная вероятность

В качестве имитатора золота использовался вольфрам, как наиболее близкий металл по плотности, $19,3 \text{ г/см}^3$. Были проведены эксперименты с использованием вольфрама разной крупности: $-2,5+1,6 \text{ мм}$, $-1,6+1 \text{ мм}$, $-1+0 \text{ мм}$ по следующей методике: загружается магнитный шлик крупностью $-2,5+2 \text{ мм}$ в ячейку, после того, как образуется ворсистая постель, включается отсадочная машина и электроимпульсный источник, подается песок (в качестве легкой фракции) с добавлением 10 шт. вольфрама, время проведения экспериментов – 3, 5, 7 мин. Экспериментальными исследованиями на отсадочной машине с электромагнитным источником установлены рациональные значения: частота отсадочного цикла 210 мин^{-1} , высота постели 80 мм, амплитуда 6 мм, длительность импульсов полюсопеременного магнитного поля 0,1 с.

На основе разработанной теоретической модели рассчитана вероятность прохождения исследуемой частицы через толщу постели. На рис. 4 представлен алгоритм расчета вероятности прохождения частицы через постель высотой h . Плотность вероятности в определенный момент времени изображена красной линией. Желтая область есть вероятность проникновения исследуемой частицы через толщу постели. Она определяется интегрированием кривой от нуля до границы слоя как площадь желтой области. При расчетах параметры модели были адаптированы к экспериментальным данным.

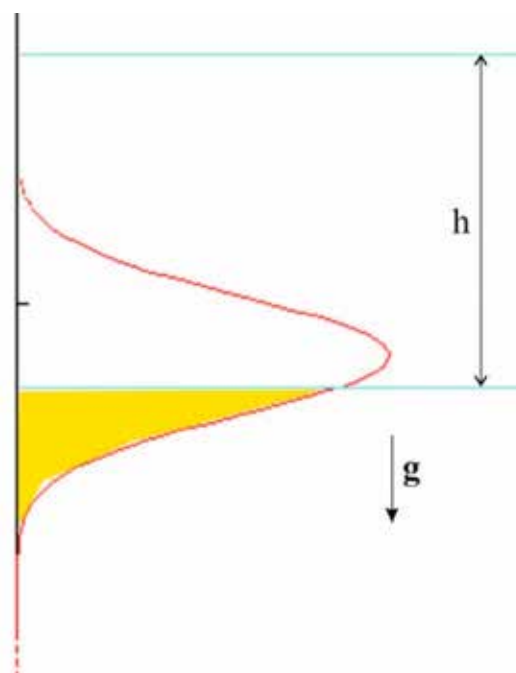


Рис. 4. Вероятность положения исследуемой частицы в постели отсадочной машины в некоторый момент времени. Желтая область – прошедшая через слой часть вероятности

На рис. 5 представлено сравнение расчетной вероятности и результатов экспериментальных данных прохождения вольфрама разной крупности $2,5+1,6 \text{ мм}$, $-1,6+1 \text{ мм}$, $-1+0 \text{ мм}$ через толщу магнитной постели на отсадочной машине с электромагнитным источником по времени.

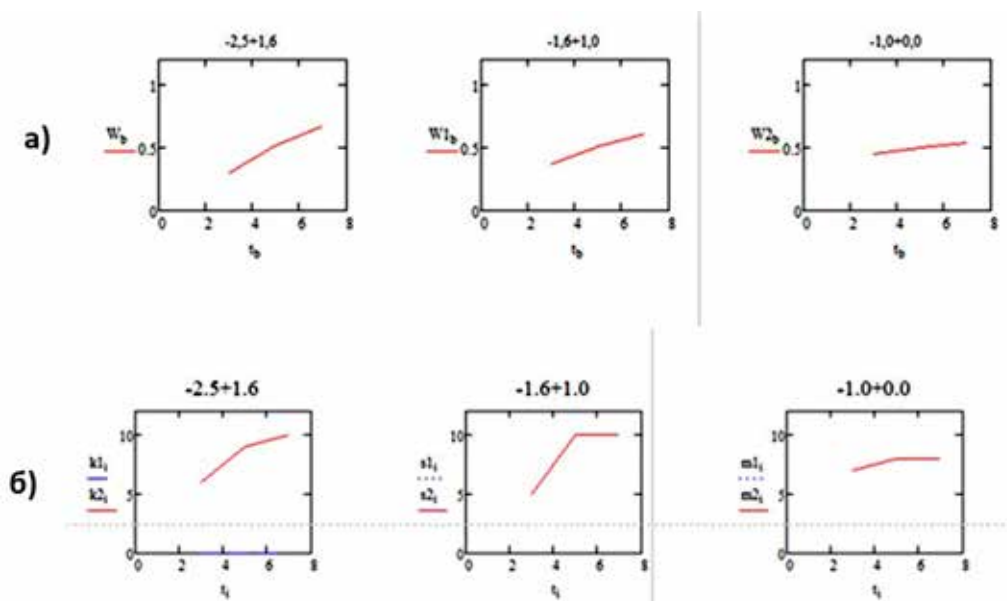


Рис. 5. Сравнение расчетной вероятности и экспериментальных значений проницаемости вольфрама по классам крупности:
 а) расчетная вероятность; б) экспериментальные данные

Полученная вероятность движения частицы моделирует движение тяжелой частицы вольфрама через постель отсадочной машины, сформированной из магнитных частиц (шлихов) по времени, которая согласуется с полученными экспериментальными данными.

Заключение

Важнейшим фактором процесса эффективного извлечения золота из шлиховых продуктов обогащения с содержанием железного скрапа и минералов с высокой магнитной восприимчивостью в отсадочной машине является постоянная разрыхленность формирующейся естественной постели, поддерживаемая полюсопеременным магнитным полем. Разработана физико-математическая модель на основании уравнения типа Фоккера – Планка по определению вероятности прохождения через толщу постели тяжелых минеральных частиц при условии требуемого состояния разрыхленности.

Апробация модели показывает, что полученные расчеты коррелируются с результатами экспериментов на отсадочной машине с электромагнитной установкой при условиях отсадочного процесса: частоте отсадочного цикла 210 мин^{-1} , высоте постели 80 мм, амплитуде 6 мм и длительности импульсов полюсопеременного магнитного поля с 0,1 с.

Список литературы

1. Опалев А.С. Повышение качества магнетитовых концентратов на основе магнитно-гравитационной сепарации // Горный журнал. 2020. № 9. С. 72–77.
2. Дядин В.И. Электродинамическая сепарация тонких частиц в импульсном бегущем магнитном поле // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2020. № 1. С. 124–130.
3. Опалев А.С., Новикова И.В., Матвеева Е.Л., Черезов А.А. Магнитно-гравитационная сепарация – опыт повышения качества железорудных концентратов на предприятиях России и Стран СНГ // Современные проблемы комплексной и глубокой переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения (Плаксинские чтения – 2022): материалы международной конференции (Владивосток, 4–7 октября 2022 г.). Науч. ред. В.А. Чантурия; сост. Т.В. Чекушина. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2022. С. 105–108.
4. Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Рязанцева М.В., Копорулина Е.В., Анашкина Н.Е. Влияние электромагнитных импульсных воздействий на структурные, физико-химические и флотационные свойства эвдиалита // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2021. № 1. С. 107–117.
5. Ковлеков И.И. Новый способ извлечения золота из техногенных песков // Горный журнал. 2002. № 2. С. 47–50.
6. Слепцова Е.С., Матвеев А.И., Елшин В.К., Федосеев С.М. Способ отсадки полезных ископаемых в магнитном поле. Пат. РФ № 2416465. Патентообладатель ИГДС СО РАН. 2011. Бюл. № 11.
7. Sleptsova E.S., Yakovlev B.V. Mathematical modeling of heavy particle concentration in a jig bed. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 773 (2021) 012081. DOI:10.1088/1755-1315/773/1/012081.
8. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая механика. Т.3. Теория неравновесных систем: учебное пособие. 2-е изд., сущ. перераб. и доп. М.: Едиториал УРСС, 2003. 448 с.

УДК 622.791

DOI

ДОБАВЛЕНИЕ БЕЛКА ЖЕЛАТИНА К БЕНТОНИТОВОЙ ДИСПЕРСИИ КАК СПОСОБ РЕГУЛЯЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОГО АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ОБОГАЩЕНИЯ

Сумина А.В., Бортников С.В., Горенкова Г.А., Беспалова М.А.

ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова», Абакан,
e-mail: alenasumina@list.ru

На примере процесса обогащения бентонитовой глины месторождения «10-й Хутор» (Республика Хакасия) изучено влияние белка желатина на технологические характеристики алумосиликатного природного сырья. Исследовался бентонит двух видов – природная щелочноземельная форма и активированная кальцинированной содой натриевая форма бентонитовой глины. Показано, что добавление к бентонитовой дисперсии водного раствора желатина приводит к изменению технологических параметров модельных систем. В частности, изменяются значения коллоидальности и дисперсности исследуемых образцов. Доказано, что при добавлении раствора белка к глиняной дисперсии происходит поглощение полипептида бентонитом, что отражается на способности полученного материала образовывать активный коллоидный комплекс в водной среде (коллоидальность). В случае щелочноземельной формы наблюдается увеличение коллоидальности до 52%, по сравнению с 36% у исходного сырья; в случае активированной формы коллоидальность составила 76%. Фракционный состав частиц бентонитовых дисперсий также меняется в зависимости от способа приготовления модельной системы. Добавление желатина к бентонитовой глине приводит к изменению в содержании частиц как среди крупноразмерных, так и среди мелкоразмерных фракций. В системе с щелочноземельным бентонитом обнаружено увеличение доли крупных частиц за счет сокращения доли исходных частиц со средним размером, а также появление более мелкой фракции по сравнению с исходной глиной. Присутствие белка в составе глиняной дисперсии активированного бентонита сделало модельную систему более однородной относительно размеров образующих ее частиц. 89% от составляющих дисперсию частиц составляют частицы с размерами от 2 до 20 мкм. Описываемая технология обработки природного минерального сырья с добавлением белка желатина к глиняной дисперсии может быть предложена как альтернативный вариант процесса обогащения бентонита для регулирования его технологических характеристик.

Ключевые слова: бентонитовая глина, обогащение, фракционный состав, коллоидальность, диспергирование, желатин, флокуляция

Исследование выполнено за счет гранта Министерства образования и науки Республики Хакасия (Соглашение № 90 от 12.12.2022). Авторы благодарят ООО «Бентонит Хакасии» за предоставленные для изучения образцы.

THE ADDITION OF GELATIN PROTEIN TO BENTONITE DISPERSION AS A WAY TO REGULATE THE TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NATURAL ALUMINOSILICATE RAW MATERIALS IN THE PROCESS OF ITS ENRICHMENT

Sumina A.V., Bortnikov S.V., Gorenkova G.A., Bepalova M.A.

Khakass State University named after N.F. Katanov, Abakan, e-mail: alenasumina@list.ru

The influence of gelatin protein on the technological characteristics of aluminosilicate natural raw materials has been studied using the example of the bentonite clay enrichment process of the 10th Khutor deposit (Republic of Khakassia). Bentonite of two types was studied – the natural alkaline earth form and the sodium form of bentonite clay activated by soda ash. It is shown that the addition of an aqueous gelatin solution to the bentonite dispersion leads to a change in the technological parameters of the model systems. In particular, the values of colloidal and dispersion of the studied samples change. It is proved that when a protein solution is added to the clay dispersion, the polypeptide is absorbed by bentonite, which affects the ability of the resulting material to form an active colloidal complex in an aqueous medium (colloidal). In the case of the alkaline earth form, an increase in colloidal was observed to 52%, compared with 36% for the feedstock; in the case of the activated form, colloidal was 76%. The fractional composition of bentonite dispersion particles also varies depending on the method of preparation of the model system. The addition of gelatin to bentonite clay leads to a change in the content of particles among both large-sized and small-sized fractions. In a system with alkaline earth bentonite, an increase in the proportion of large particles was found due to a reduction in the proportion of initial particles with an average size, as well as the appearance of a smaller fraction compared to the initial clay. The presence of protein in the clay dispersion of activated bentonite made the model system more homogeneous relative to the size of the particles forming it. 89% of the particles that make up the dispersion are particles with sizes from 2 to 20 microns. The described technology of processing natural mineral raw materials with the addition of gelatin protein to clay dispersion can be proposed as an alternative to the bentonite enrichment process to regulate its technological characteristics.

Keywords: bentonite clay, enrichment, gelatin, fractional composition, colloidal, dispersion, flocculation

The research was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Republic of Khakassia (Agreement No. 90 dated December 12, 2022). The authors thank Bentonite Khakassia LLC for providing samples for study.

Получение и изучение материалов, построенных при сочетании органических и минеральных составляющих, представляет значительный практический интерес как для обеспечения различных технологических процессов новыми продуктами с необходимым набором свойств, так и для совершенствования существующих технологий переработки и использования природного сырья. Особое место при проектировании новых материалов на основе минерального и органического сырья занимает использование органической массы из биоорганических высокомолекулярных соединений и минеральной основы природных алюмосиликатов, в том числе, различных видов глин.

Природные полимеры (биополимеры) – это органические вещества, которые по химической структуре можно разделить на полисахариды, сложные полиэфиры и белки. Биополимеры на основе последних, в числе которых белок животного происхождения желатин, имеют ряд преимуществ: относительно небольшой размер молекул, нетоксичность, продолжительная по времени стабильность и способность к биологическому разложению. Желатин – сложный полипептид, который получают в результате частичного гидролиза коллагена, присутствующего в костях и коже животных. Основные области применения данного вещества – фармацевтика, косметическая и пищевая промышленность. Проводятся исследования по применению желатина посредством смешивания с другими белками или полисахаридами, добавления сшивающих веществ, пластификаторов и микро- и наночастиц, в частности наноглин [1].

Наноглины – это разновидность слоистых силикатов, из которых наиболее популярным и распространенным является бентонит. Он широко используется при очистке воды, осветлении растворов, очистке сточных вод, в фармацевтических и терапевтических препаратах, в качестве носителя для катализаторов и фунгицидов, рафинирования и отбеливания глицеридных масел, гранулирования кормов для животных, армирования полимерных материалов и др. Этот тип наноглин обладает высокой ионообменной способностью и отрицательным поверхностным зарядом, состоит из стопки силикатных листов, распределенных отдельными слоями, разделенных пустотами, в которых присутствуют обменные катионы. Наночастицы имеют ультратонкий размер фазы, обычно в диапазоне 1–100 нм, и сильные межфазные взаимодействия меж-

ду диспергированными слоями глины и полимерными матрицами [2].

В литературе приводятся научные данные по практическому использованию как отдельных компонентов, так составов на основе бентонита, растительных и животных белков при производстве вин. Например, было показано, что обработка бентонитом приводила к снижению интенсивности цвета, у молодого вина с 11,2 до 27,4%, у вина 18-месячной выдержки – с 8,1 до 21,6%, 42-месячной выдержки – с 5,8 до 12,5%. Также было получено, что бентонит уменьшает участие красного и синего цветов и увеличивает долю интенсивности желтого цвета при выдержке вин в течение более длительного периода времени. Обработка желатином оказала менее значительное влияние на интенсивность цвета: так, у молодого вина этот показатель снизился с 7,3 до 8,6%, у вина 18-месячной выдержки – с 8,4 до 11,8%, 42-месячной выдержки – 16,1% [3].

Другими авторами была изучена способность активированного бентонита, яичного альбумина, желатина, хитина и хитозана удалять из красного вина охратоксин А (ОТА). Было получено, что хитин удаляет 18% ОТА, при этом не оказывая существенного влияния на параметры качества вина. При самой высокой дозировке желатина и комплексной обработке было получено удаление ОТА до 39–40%, у бентонита, яичного альбумина и хитина были получены более низкие значения (до 16%) [4].

Процесс адсорбции белка на поверхностях бентонита зависит от различных факторов, включая состав, концентрацию бентонита и белков, температуру, pH и др. [1–3]. При этом данных в отечественной научной литературе по изучению данного вопроса приводится крайне мало.

Цель исследования заключалась в изыскании способов регулирования технологических характеристик бентонитовой глины с применением желатина в качестве модификатора при обогащении природного сырья.

Материалы и методы исследования

В качестве материала для исследования были использованы образцы бентонитовой глины, добытые на месторождении «10-й Хутор» в Республике Хакасия. В результате анализа было установлено, что минеральный состав этого бентонита представлен следующими компонентами (в объемных процентах): монтмориллонит – 70–72%; гидрослюда – 1–2%; каолинит – 7–8%; кварц – 7–8%; щелочной полевой шпат – 6–7%; слюда –

4–5%; кальцит – 1–2%. Соотношение суммы ионов калия (K^+) и натрия (Na^+) к сумме ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}) составляет 0,17 [4]. Подготовка образцов и количественные измерения проводились в соответствии с ГОСТ 28177-89 [5].

Для создания модельных систем глину массой 3 г смешивали с 50 мл 1% белка, смесь выдерживали в течение 1 ч, затем фильтровали, сушили при температуре 35°C до достижения постоянной массы. Сухое сырье измельчали и пропускали через сито с размером ячеек № 0,5.

Чтобы определить, какие изменения происходят в процессе активации дисперсий бентонита, измеряли концентрацию белка в модельных системах, изучали фракционный состав полученных образцов, а также способность материалов образовывать активный коллоидный комплекс в водной среде.

Концентрацию белка определяли в растворе до и после контакта с глиной колориметрическим методом по биуретовой реакции.

Определение коллоидальности проводили методом, основанным на измерении се седиментационного объема, образующегося в глинистой суспензии во времени. Для этого навеску глины массой 0,5 г помещали в мерную пробирку, приливали воду до общего объема 15 мл и взбалтывали до получения однородной суспензии. Затем добавляли 0,1 г окиси магния и снова взбалтывали в течение 1 мин. По истечении 24 ч измеряли объем образовавшегося осадка. Коллоидальность (K) в процентах вычисляли по формуле

$$K = (V \cdot 100) / 15,$$

где V – объем осадка глины в пробирке, мл; 15 – общий объем глины и воды в пробирке, мл.

Фракционный состав (размер частиц по классам: 2–5, 5–20, 20–50 и 50–100 мкм) бентонитовых дисперсий определяли методом

дифракции лазерного излучения на лазерном анализаторе микрочастиц «Ласка ТД». Повторность всех измерений трехкратная. Достоверность различий вариантов оценивали по t -критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$. Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В работе исследовалось взаимодействие образцов бентонитовой глины с белком животного происхождения – желатином (изоэлектрическая точка при pH 4,7). В табл. 1 приведено описание исследуемых модельных систем. Исходное сырье использовалось двух видов – природная щелочноземельная форма (модельная система 1) и активированный по известной технологии кальцинированной содой натриевый бентонит (модельная система 2) [6]. В результате эксперимента было обнаружено, что добавление к бентонитовой дисперсии водного раствора желатина (модельные системы 3 и 4) приводит к изменению технологических параметров модельных систем. В частности, изменяются значения коллоидальности и дисперсности исследуемых образцов (табл. 2, 3, рис. 1, 2).

Из табл. 2 видно, что при добавлении раствора белка к глиняной дисперсии происходит поглощение полипептида бентонитом. При этом в случае контакта желатина с активированной (натриевой) формой глины масса поглощенного белка существенно выше по сравнению с исходным щелочноземельным бентонитом – 0,17 и 0,06 г / 1 г глины соответственно. Практически трехкратное увеличение содержания белка в глине, связано, по-видимому, как с химической природой самого белка, так и с особенностями состава и строения минеральной основы бентонита.

Таблица 1

Исследуемые модельные системы





Модельная система	Обозначение	Описание
Система 1		Исходная карьерная бентонитовая глина (пробоподготовка по ГОСТ 28177-89 [5])
Система 2		Активированный карбонатом натрия бентонит (Система 1 + Na_2CO_3)
Система 3		Бентонит, обработанный раствором желатина (Система 1 + 1% раствор желатина)
Система 4		Активированный бентонит, обработанный раствором желатина (Система 2 + 1% раствор желатина)

Таблица 2

Физико-химические характеристики модельных систем

Модельная система	Коллоидальность, %	Масса белка, г / 1 г глины
Система 1	36	–
Система 2	92	–
Система 3	52	0,06
Система 4	76	0,17

Таблица 3

Фракционный состав модельных систем

Фракция частиц, мкм		Содержание частиц в модельных системах, %			
min	max	1	2	3	4
0	0,50	0,00	0,01	4,59	1,01
0,50	1,00	0,12	0,48	5,71	3,12
1,00	2,00	2,93	9,22	1,61	0,29
2,00	5,00	36,36	58,41	2,20	13,67
5,00	20,00	60,20	31,80	44,26	74,70
20,00	50,00	0,40	0,08	37,64	6,21
50,00	100,00	0,00	0,01	4,00	1,01

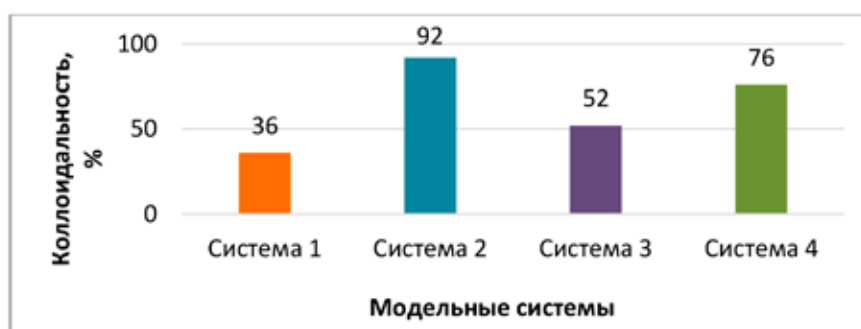


Рис. 1. Коллоидальность модельных систем

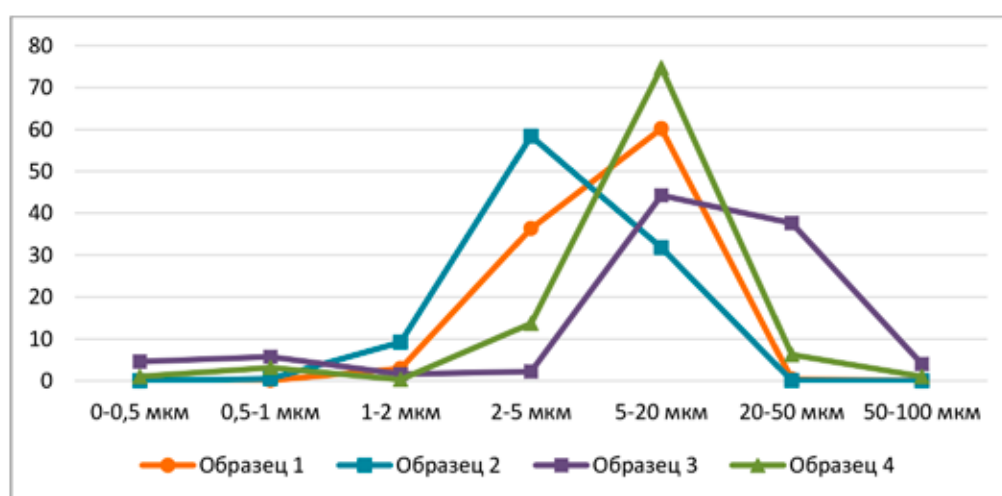


Рис. 2. Фракционный состав модельных систем

Желатин, используемый в настоящей работе с изoeлектрической точкой 4,7 – это белок богатый кислотными группами в радикалах аминокислотных остатков (аспарагиновая и глутаминовая кислоты), в нейтральной среде имеет суммарный отрицательный заряд. В щелочной среде, которая образуется при активации бентонита карбонатом натрия за счет депротонирования аммонийного азота аминогрупп, отрицательный заряд белковых молекул существенно увеличивается. В то же время активированная (натриевая) форма бентонита за счет лучшей гидратации катионов натрия в составе минерала имеет более широкие межслоевые пространства, что создает оптимальные условия для адсорбции белка.

Одной из основных технологических характеристик бентонитового сырья является способность образовывать активный коллоидный комплекс в водной среде – коллоидальность. Данный показатель зависит от разных причин, в том числе от присутствия в системе различных добавок. Так коллоидальность исходного образца (модельная система 1), обменный комплекс которого представлен в основном катионами кальция и магния, в условиях эксперимента составила 36%. После активации бентонита, суть которой заключается в насыщении обменного комплекса минерала катионами натрия, значение коллоидальности увеличивается до 92%. Это связано с тем, что свойство катиона натрия лучше связывать воду, чем это делают катионы щелочноземельных металлов, способствует более эффективному поглощению и удерживанию воды в межслоевых пространствах минерала.

Добавление желатина к бентонитовой дисперсии изменяет значение коллоидальности (рис. 1). При этом в случае щелочноземельной формы (модельная система 3) наблюдается увеличение коллоидальности до 52%, по сравнению с 36% у исходного сырья. В случае активированной (натриевой) формы (модельная система 4) коллоидальность составила 76%.

Увеличение коллоидальности глиняной дисперсии при добавлении белка может быть связано с явлением флокуляции – образования рыхлых хлопьевидных агрегатов из мелких частиц дисперсной фазы, где связующим элементом (флокулянт) являются молекулы желатина. Одним из возможных механизмов флокуляции является формирование мостиков из белка между отдельными частицами глины вследствие закрепления макромолекул желатина на поверхности

разных частиц [7]. Для флокуляции частиц по мостичному механизму важное значение имеет и природа органического полимера. Так, белок, представляющий собой полиамфолит, в водной среде сам становится объектом гидратации диполями воды, увеличивая общую влагоемкость исследуемой органо-минеральной системы. Даже в случае контакта белка с активированной глиной коллоидальность системы остается на достаточно высоком уровне – 76%, что свидетельствует о том, что желатин не снижает способности глины образовывать устойчивый гель с водой, а в некоторых случаях даже способствует этому. На сцепление частиц дисперсной фазы оказывает влияние и пространственная форма биополимера в растворе. Свернутая конформация препятствует адсорбционному закреплению полимерных цепей на поверхности частиц дисперсной фазы, тогда как развернутая пространственная форма способствует флокуляции [8]. Данные процессы, протекающие на поверхности глиняных частиц, оказывают влияние на физико-химические свойства исследуемых систем. Так, различия в поведении модельных систем белка с исходным (модельная система 3) и активированным (модельная система 4) бентонитовым сырьем можно объяснить изменением заряда белковой молекулы и ее пространственной конфигурации в растворе.

Модельные системы были исследованы на предмет определения размеров составляющих их частиц, полученные результаты приведены в табл. 3.

Можно видеть, что фракционный состав частиц меняется в зависимости от способа приготовления модельной системы. В исследуемом образце исходного бентонита в щелочноземельной форме основная доля приходится на частицы с размерами от 2 до 5 и от 5 до 20 мкм, что совокупно составляет практически 97%. В процессе активации бентонита кальцинированной содой размер частиц глиняной дисперсии уменьшается. Доля мелких частиц с размерами от 2 до 5 мкм увеличивается с 36 до 58% за счет снижения количества более крупных частиц из фракции от 5 до 20 мкм с 60 до 32%. На содержание частиц более мелких фракций – от 2 мкм и меньше активация бентонита кальцинированной содой в условиях эксперимента существенного влияния не обнаружила. Присутствие в минеральной массе бентонита белка отражается на изменении фракционного состава частиц модельных систем (рис. 2).

В случае добавления желатина к щелочноземельной форме бентонитовой глины (модельная система 3) наблюдается изменение в содержании частиц как среди крупноразмерных, так и среди мелкоразмерных фракций. Количество частиц из фракции размером от 2 до 5 мкм сокращается с 36 до 2%; за счет нее существенно возрастает доля крупных частиц от 20 до 50 мкм и выше с 0,4 до 38%, что может являться следствием протекающих процессов флокуляции. Следует отметить появление в данной системе и частиц очень мелких фракций – от 1 мкм и менее с общим содержанием более 10%, что может быть связано с ролью белка и как поверхностно-активного вещества, способствующего диспергированию и стабилизации образующихся частиц глины.

Присутствие белка в составе глиняной дисперсии активированного бентонита сделало модельную систему 4 более однородной относительно размеров образующих ее частиц. Основные фракции в системе представлены частицами с размерами от 5 до 20 мкм – 75% и от 2 до 5 мкм – 14%. Это можно объяснить действием белка как флокулянта и как пептизатора в зависимости от кислотно-основных характеристик исследуемых систем.

Описываемая технология обработки природного минерального сырья с добавле-

нием белка желатина к глиняной дисперсии может быть предложена как альтернативный вариант процесса обогащения бентонита для регулирования его технологических характеристик.

Список литературы

1. Ruiz-Martínez I.G., Rodrigue D., Arenas-Ocampo M.L., Camacho-Díaz B.H., Avila-Reyes S.V., Solorza-Feria J. Production and characterization of gelatin biomaterials based on agave microfibrils and bentonite as reinforcements // *Foods*. 2022. Т. 11, № 11. С. 1573.
2. Dıblan S., Özkan M. Effects of various clarification treatments on anthocyanins, color, phenolics and antioxidant activity of red grape juice // *Food Chemistry*. 2021. Т. 352. С. 129321.
3. Ren M., Liu S., Li R., You Y., Huang W., Zhan J Clarifying effect of different fining agents on mulberry wine // *International Journal of Food Science & Technology*. 2020. Т. 55. № 4. С. 1578–1585.
4. Doulia D.S., Anagnos E.K., Liapis K.S., Klimentzou D.A. Effect of clarification process on the removal of pesticide residues in white wine // *Food Control*. 2017. Т. 72. С. 134–144.
5. Гуска Р.В., Голубков В.А., Ворожцов Е.П. Обогащение природной бентонитовой глины однозарядными катионами // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2020. № 1–1. С. 201–204.
6. Бортников С.В., Горенкова Г.А. Изучение активации щелочноземельного бентонита карбонатом натрия // *Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова*. 2012. № 1. С. 14–17.
7. Айрапетян С.С., Банян Л.С., Пирумян Г.П. Исследование процессов седиментации бентонитовой суспензии неорганическими коагулянтами // *Вода: химия и экология*. 2015. № 6. С. 74–79.
8. Аверкина Е.В., Шакирова Э.В., Бутакова Л.А. Влияние реагентов-флокулянтов на параметры глинистых суспензий // *Науки о Земле и недропользование*. 2020. Т. 43, № 2. С. 230–241. DOI: 10.21285/2686-9993-2020-43-2-230-241.

УДК 622.361
DOI

ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ ГЛИНИСТЫХ ПЕСКОВ ПРИ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКЕ: МЕХАНИЗМ И ПОСЛЕДСТВИЯ В ОБЛАСТИ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

Ширман Г.В.

*ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр» Сибирского отделения Российской академии наук,
Институт горного дела Севера имени Н.В. Черского Сибирского отделения
Российской академии наук, Якутск, e-mail: shirman@inbox.ru*

Статья посвящена исследованию воздействия криогенной обработки на гидрофобные и гидрофильные свойства глинистых песков с целью повышения эффективности их дезинтеграции и обогащения. Эксперименты показали, что криогенная обработка приводит к избирательному разрушению дисперсных образований, где происходят процессы, предваряющие процесс дезинтеграции, при которых разрываются наиболее слабые механические связи, и одновременно происходит пассивация поверхностной энергии, что доказывается проведенными экспериментальными исследованиями по установлению явления гидрофобизации поверхности тонкодисперсных минеральных частиц. Механизм этого процесса обусловлен сложными циклическими явлениями криогенной обработки, такими как кристаллизация и перекристаллизация воды в микротрещинах и порах дисперсных частиц. В результате накопительного эффекта формируются новые поры и пространства внутри конгломератов, что при последующем замораживании образует новую ледяную структуру, способствующую разрыву конгломерата. Важным фактором эффективности криообработки является предварительная насыщенность образцов водой, что придает дезинтеграции объемный характер. Методика исследований включала использование нового метода прямой флотации без собирателей, позволяющего оценить гидрофобность частиц. Эксперименты проводились на лабораторной флотационной машине с использованием пенообразователя для интенсификации процесса флотации. Образцы с определенной исходной влажностью подвергались криогенной обработке с использованием циклов замораживания-оттаивания. Выход пенного продукта исследовался в зависимости от количества циклов и применения пенообразователя. Исследования выявили стабильную динамику процесса гидрофобизации с увеличением эффекта дезинтеграции от цикла к циклу. Криогенная обработка, разрывая связи между частицами и раскрывая поры, позволяет пузырькам воздуха закрепляться на поверхности частиц, усиливая дезинтеграцию в водо-воздушной среде. Явление гидрофобизации при криогенной обработке объясняет высокий эффект дезинтеграции высокоглинистых песков в водо-воздушной среде.

Ключевые слова: промывка, глинистые пески, обогащение, дезинтеграция, криогенная обработка

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0297-2021-0022, ЕГИСУ НИОКТР № 122011800089-2) с использованием оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН (грант № 13.ЦКП.21.0016).

HYDROPHOBIZATION OF THE SURFACE OF MINERAL FORMS OF CLAY SANDS DURING CRYOGENIC TREATMENT: MECHANISM AND CONSEQUENCES IN THE FIELD OF DISINTEGRATION AND ENRICHMENT

Shirman G.V., Matveev A.I.

*Federal Research Centre The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences N.V. Chersky Mining Institute of the North
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk. e-mail: shirman@inbox.ru*

The article is devoted to the study of the effects of cryogenic treatment on the hydrophobic and hydrophilic properties of clay sands in order to increase the efficiency of their disintegration and enrichment processes. Experiments have shown that cryogenic treatment leads to selective destruction of dispersed formations, where processes occur that precede the process of disintegration, in which the weakest mechanical bonds are broken, and at the same time passivation of surface energy occurs, which is proved by experimental studies to establish the phenomenon of hydrophobization of the surface of finely dispersed mineral particles. The mechanism of this process is due to complex cyclic phenomena of cryogenic treatment, such as crystallization and recrystallization of water in microcracks and pores of dispersed particles. As a result of the cumulative effect, new pores and spaces are formed inside the conglomerates, which, upon subsequent freezing, forms a new ice structure that contributes to the rupture of the conglomerate. An important factor in the efficiency of cryoprocessing is the pre-saturation of samples with water, which gives the disintegration a volumetric character. The research methodology included the use of a new method of direct flotation without collectors, which makes it possible to assess the hydrophobicity of particles. The experiments were carried out on a laboratory flotation machine using a foaming agent to intensify the flotation process. Samples with a certain initial humidity were cryogenically processed using freeze-thaw cycles. The yield of the foam product was studied depending on the number of cycles and the use of the foaming agent. Studies have revealed stable dynamics of the hydrophobization process, with an increase in the disintegration effect from cycle to

cycle. Cryogenic treatment, by breaking the bonds between the particles and opening the pores, allows air bubbles to fix on the surface of the particles, enhancing the process of disintegration in the water-air environment. The phenomenon of hydrophobization during cryogenic treatment explains the high disintegration effect of high-clay sands in the water-air environment.

Keywords: washing, clay sands, enrichment, disintegration, cryogenic treatment

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 0297-2021-0022, Unified state information system for recording the results of research and development work No. 122011800089-2) using the equipment of the Center for Collective Use of the Federal research center «Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» (grant No. 13.TSKP.21.0016).

Исследования дезинтеграции высокоглинистых песков, содержащих полезные компоненты, представляют большое практическое значение в контексте необходимости их переработки. Существует актуальная потребность в разработке новых технологий и аппаратов для эффективной подготовки такого типа сырья к обогащению. Одним из важных аспектов в этом процессе является дезинтеграция в промывочных устройствах, где основной средой является гидросреда. Взаимосвязь высокоглинистых песков с гидросредой, особенно их размокаемость, играет ключевую роль в определении эффективности дезинтеграции.

Размокаемость дисперсных материалов зависит от различных факторов, таких как структура, вязкость материала [1, с. 97], дисперсность состава, пористость [2, с. 94], начальная влажность [3, с. 58], особенности связи между частицами и число пластичности [4, с. 64]. В динамической среде, помимо перечисленных факторов, эффективность промывки также зависит от предварительной подготовки исходных песков, характера воздействия и режимов промывки, например добавления крупнообломочного материала в промывочный барабан в процессе дезинтеграции [5].

В последнее время изучаются процессы предварительной подготовки высокоглинистых песков, включая криогенную обработку, как один из способов разупрочнения перед дезинтеграцией [6]. Исследования показывают, что циклы замораживания-оттаивания вызывают разнообразные физико-химические, физико-механические и теплофизические процессы, существенно влияющие на состояние структуры и текстуры дисперсного материала [7, 8]. Особенностью Крайнего Севера является возможность проведения такой предварительной обработки с использованием естественных низких температур без значительных финансовых затрат.

Структура мерзлых грунтов, где вода присутствует в виде кристаллизованного

льда, существенно влияет на их свойства после оттаивания и последующей дезинтеграции. При таянии льда в порах грунта уменьшаются льдоцементационные связи, что приводит к снижению вязкости и прочности породы. Процессы уплотнения и набухания частиц в грунте во время оттаивания создают сложную динамику, где сохранение посткриогенной структуры может временно поддерживать поры, не смыкающиеся даже под внешней механической нагрузкой. Важно учитывать эти особенности при дезинтеграции, так как прочность уплотненных глинистых агрегатов может снижаться, что приводит к интенсивному разрушению и диспергации в процессе промывки.

Исследования, проведенные А.С. Курилко [9, с. 90–96] по влиянию циклов замораживания-оттаивания на размокаемость песчано-глинистых пород в статичной среде, показали, что размокаемость увеличивается при уменьшении числа пластичности. После циклической криогенной обработки в дисперсном материале формируется новая структура порового пространства, включая крупные поры, что снижает прочностные свойства материала и его устойчивость к размокаемости. Процессы разрушения мерзлых пород объясняются плавлением ледяных связей при контакте с водой, приводящим к деформации и последующему разрушению образцов на более мелкие комки. С увеличением числа циклов промораживания-оттаивания криогенная текстура становится более густой, комки становятся мельче. При оттаивании в грунт проникает воздух, замещая воду в крупных порах, что также оказывает расклинивающее действие, способствуя размоканию.

Эффективность криогенной обработки существенно влияет на поверхностные свойства дисперсных частиц. В текущем этапе исследований акцент смещен на оценку изменений адгезионных свойств продуктов криогенной обработки высокоглинистых песков в системе гидрофобность-гидрофильность.

Цель исследования заключается в рассмотрении воздействия криогенной обработки на глинистые пески и их свойства гидрофобности и гидрофильности. Для оценки гидрофобности частиц был использован новый метод – метод прямой флотации, исключая применение собирателей и реагентов, специфически взаимодействующих с поверхностью минерала. Этот метод предполагает выделение частиц в пенный продукт, отражающий их истинные, в данном случае гидрофобные, свойства. Для повышения эффективности флотации гидрофобных частиц использовался только пенообразователь, который не влияет на поверхностные свойства, а также создает стабильную трехфазную среду, обладающую высокой удерживающей способностью для минералов в пенном слое.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проводились на образцах с начальной влажностью 25%, для которых предварительные лабораторные исследования выявили наиболее выраженное воздействие криогенной обработки на диспергирование в водо-воздушной трехфазной системе.

Эксперименты проводились на лабораторной флотационной машине 240 ФЛ-А с объемом камеры 1,5 л (рис. 1).

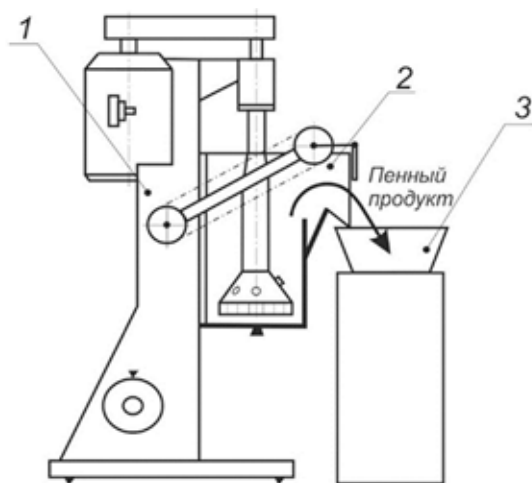


Рис. 1. Экспериментальный стенд:
1 – флотомашина 240-ФЛ-А;
2 – камера флотомашины;
3 – емкость для пенного продукта

Исследования включали в себя тонкодисперсную часть исходных песков фракций -0,2+0 мм (с 60% долей класса 0,020 мм) и -0,1+0 мм (с 70% долей класса 0,020 мм).

Навески по 200 г с влажностью 25% помещались в герметичные контейнеры и подвергались замораживанию при температуре 253 К, с последующим оттаиванием в лаборатории при температуре 293 К. Время промерзания и оттаивания составляло 12–15 ч на каждом этапе, проводилось до четырех циклов, а также изучались образцы без криогенной обработки.

Исходные образцы загружались в камеру флотомашины, где процесс флотации осуществлялся с применением пенообразователя (Т-80, расход 150 г/т) и без него. Пенообразователь подавался в относительно высоких концентрациях для обеспечения стабильной и насыщенной пены. Время перемешивания пенообразователя с водой составляло 3 мин, а время флотации для всех экспериментов было установлено в 15 мин, при водном рН = 6. По завершении эксперимента пенный и камерный продукты высушивались и взвешивались. Процесс представлен на рис. 2.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 3 представлена обобщенная диаграмма, иллюстрирующая выход пенного продукта от флотируемой пробы размером -0,2 мм в зависимости от числа циклов промораживания-оттаивания, как с использованием пенообразователя, так и без него. Данные также сопоставляются с образцами, не подвергшимися криогенной обработке. В результате криогенной обработки исходных образцов размером -0,2 мм выход пенного продукта увеличивается с 11 до 21% без применения пенообразователя и достигает максимума после трех циклов. С использованием пенообразователя данный выход увеличивается с 20 до 35%.

Рисунок 4 представляет сводную диаграмму выхода пенного продукта от флотируемой пробы размером -0,1 мм в зависимости от числа циклов промораживания-оттаивания, как с применением пенообразователя, так и без него. Здесь также проведено сравнение с образцами, не подвергшимися криогенной обработке.

После криогенной обработки исходных образцов размером -0,1 мм выход пенного продукта увеличивается с 21 до 31% без пенообразователя после двух циклов знакопеременной криогенной обработки, а с использованием пенообразователя этот выход возрастает с 29 до 38%, также после двух циклов.



Рис. 2. Процесс работы на флотационной машине ФЛ 240-А

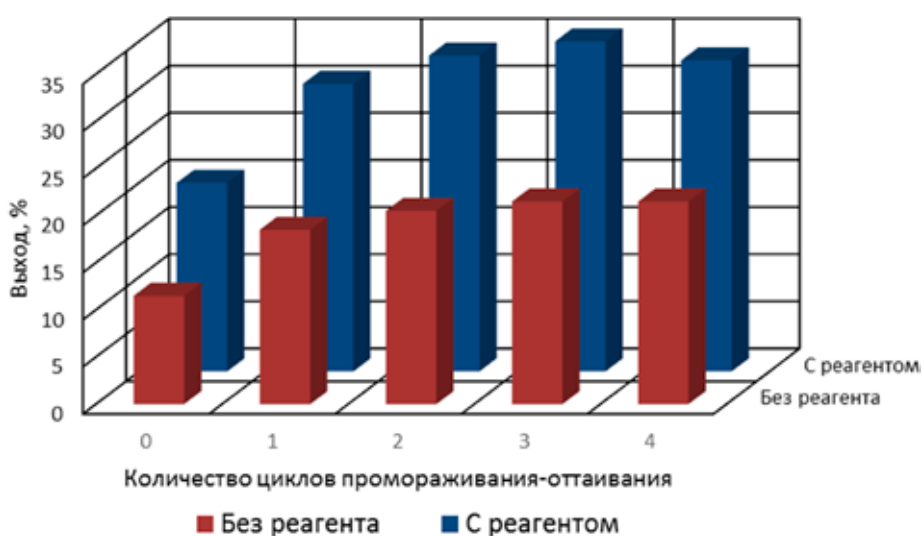


Рис. 3. Выход пенного продукта флотации с использованием пенообразователя и без него в зависимости от количества циклов промораживания-оттаивания при обработке исходных песков крупностью -0,2 мм

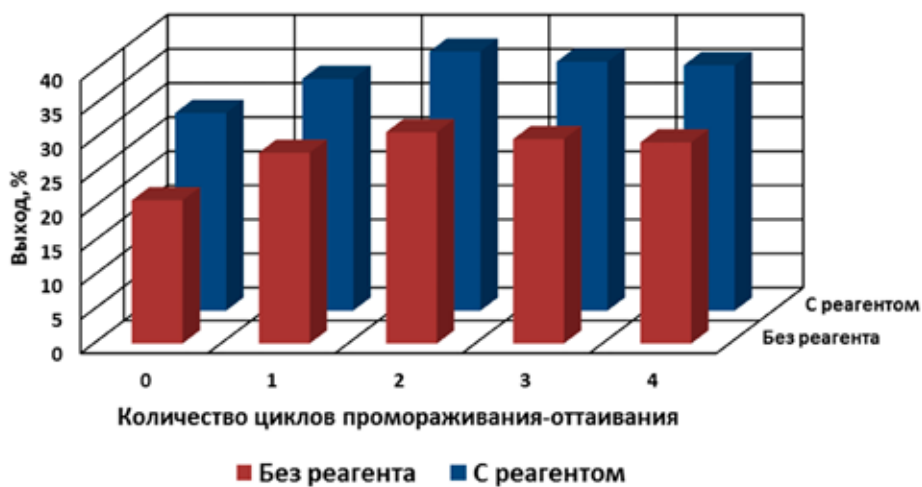


Рис. 4. Выход пенного продукта флотации с использованием пенообразователя и без него в зависимости от количества циклов промораживания-оттаивания при обработке исходных песков крупностью -0,1 мм

Анализ диаграмм демонстрирует значительное воздействие криогенной обработки на выход материалов с пеной, проявляющих гидрофобные свойства в каждом случае. Предварительные исследования подтверждают, что данный показатель имеет свое характерное значение для каждого образца при одинаковых условиях, исключая механический вынос материала с пеной, что указывает на полное извлечение гидрофобных частиц, выделенных в пене.

Кроме того, стоит отметить, что гидрофобность мелкодисперсного материала, полученная таким образом, после оттаивания образца и последующей проморозки, не только сохраняет свои свойства, но и увеличивается при дополнительных циклах промораживания (2–3 цикла). Очевидно, что этот эффект связан с пассивацией поверхностной энергии в процессе криогенной обработки.

Помимо этого, динамика процесса гидрофобизации устойчива и характеризуется тенденцией к усилению эффективности дезинтеграции с каждым циклом. Это влияет на интенсификацию процесса промывки в водо-воздушной среде, что ранее было выявлено в предшествующих исследованиях [10].

Заключение

В результате проведенных экспериментов было установлено, что процесс гидрофобизации поверхности всех минеральных форм обладает универсальным характером. Механизм этого явления связан с сложными процессами циклической криогенной обработки, включающими кристаллизацию и перекристаллизацию воды в микротрещинах и порах дисперсных частиц. В процессе циклической криогенной обработки происходит накопительный эффект: расклинивающее давление, вызванное образованием ледяных включений при замерзании, формирует новые поры и пространства внутри конгломератов, при последующем размораживании эти поры заполняются водой, а затем новая ледяная структура разрывает конгломерат. Важным фактором, влияющим на эффективность криообработки, является предварительная насыщенность образцов водой при содержании влаги 25 %, которая придает дезинтеграции объемный характер.

Криогенная обработка приводит к избирательному разрушению полидисперсных образований, где по сути происходят процессы, предваряющие процесс дезинтеграции, при которых разрываются наиболее слабые механические связи, и одновременно происходит пассивация поверхностной энергии,

что доказывается проведенными экспериментальными исследованиями по установлению явления гидрофобизации поверхности тонкодисперсных минеральных частиц.

Криогенная обработка не только разрушает связи между глинистыми частицами, но также, раскрывая поры и трещины на их поверхности, способствует закреплению пузырьков воздуха на них, что дополнительно увеличивает интенсивность процесса дезинтеграции в водо-воздушной среде с выделением тонких частиц в гидросреду.

Явление гидрофобизации минеральной поверхности при криогенной обработке во многом объясняет высокий эффект дезинтеграции высокоглинистых песков в водо-воздушной среде. Вместе с тем требуется в дальнейшем проведение исследований по степени гидрофобизации тех или иных минеральных фаз, а также максимальное применение данного эффекта к задачам дезинтеграции высокоглинистых песков в новых аппаратах дезинтеграции и классификации.

Список литературы

1. Ким М.С., Ким В.Х. Основы механики грунтов: учебное пособие. Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 200 с.
2. Лолаев А.Б., Бутюгин В.В. Инженерная геология и грунтоведение: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. 350 с.
3. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов: общая и прикладная: учебное пособие для инженерно-строительных вузов. М: Либроком, 2009. 445 с.
4. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Высш. шк., 2007. 564 с.
5. Ширман Г.В., Матвеев А.И. Особенности дезинтеграции плотных глинистых агрегатов в промывочных машинах барабанного типа при добавлении обломочного материала // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 12. С. 239–242.
6. Матвеев А.И., Ширман Г.В. Экспериментальные исследования по дезинтеграции глинистых материалов в лабораторной модели промывочного аппарата в водо-воздушной среде после их криогенной обработки // Наука, техника и образование. 2021. № 8. DOI: 10.24411/2312-8267-2021-10802.
7. Вахрин И.С., Кузьмин Г.П. Деформационные характеристики искусственно приготовленных образцов мерзлых грунтов при оттаивании // Успехи современного естествознания. 2020. № 7. С. 70–76.
8. Zhen-Dong Cui, Peng-Peng He, Wei-Hao Yang. Mechanical properties of a silty clay subjected to freezing–thawing // Cold Regions Science and Technology. 2014. Vol. 98. P. 26–34. DOI: 10.1016/j.coldregions.2013.10.009.
9. Курилко А.С. Экспериментальные исследования влияния циклов замораживания-оттаивания на физико-механические свойства горных пород. Якутск: ЯФГУ «Изд-во СО РАН», 2004. 154 с.
10. Матвеев А.И., Ширман Г.В. Исследование влияния криогенной обработки влажных высокодисперсных песков на процесс формирования и разрушения глинистых окатышей при дезинтеграции в барабанных промывочных машинах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 2. С. 369–375.

УДК 528.7:550.8
DOI

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

Осинцева М.А.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово,
e-mail: pavvm2000@mail.ru

Цель статьи – выбор средств дистанционного зондирования, обеспечивающих наибольшую эффективность сбора информации для определения рекультивационного направления работ на угольных отвалах вскрышных пород месторождений Кузбасса. Климатические условия во время проведения работ – сентябрь, ветер 3 м/с, температура окружающей среды +5 °С, пасмурно. Высота полета – 100 м, без огибания рельефа местности. Для геодезических измерений использовались спутниковые приемники PrinCe i90, для аэрофото-съемки – БВС модели DJI Phantom 4 Pro+ с установленным бортовым ГНСС приемником. Обнаружено, что съемка с применением БВС позволяет получать информацию быстро и максимально эффективно с учетом таких ограничений, как отсутствие рядом аэродромов, плохих погодных условий, неудобного расположения объектов съемки, близости государственных границ и строгих требований к периоду съемок. Изображения, полученные при помощи БВС, отличаются высоким качеством по показателям пространственного разрешения, наличия каналов для формирования псевдоцветных изображений, геометрической точности и при этом не требуют высоких затрат для проведения исследований. Для оптимального осуществления сбора информации для проведения рекультивационных мероприятий на местах отвалов вскрышных пород угольных месторождений Кузбасса рекомендуется использовать аэрофото съемку с применением беспилотных воздушных судов.

Ключевые слова: угледобыча, дистанционное зондирование, аэросъемка, беспилотные воздушные суда, спутниковая съемка, Кузбасс

Работа ведется в рамках Распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. № 1144-р, комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» («Чистый уголь – зеленый Кузбасс»), мероприятие 3.1 «Экополигон мирового уровня технологий рекультивации и ремедиации» (соглашение № 075-15-2022-1200 от 28.09.2022 г.).

REMOTE SENSING OF OVERBURDEN DUMPS OF COAL DEPOSITS IN KUZBASS

Osintseva M.A.

Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: pavvm2000@mail.ru

The aim of the study is to select remote sensing tools that provide the most efficient collection of information to determine the reclamation direction of work on coal dumps of overburden rocks of the Kuzbass deposits. Materials and methods. Climatic conditions during the work – September, wind speed 3 m/s, ambient temperature +5°C, overcast. The flight altitude was 100 meters, without enveloping the terrain. For geodetic measurements, satellite receivers PrinCe i90 were used, for aerial photography – UAV of the DJI Phantom 4 Pro + model with an onboard GNSS receiver. Results and discussion. It was found that surveying with the use of UAV allows obtaining information quickly and efficiently, taking into account such limitations as the absence of nearby airfields, bad weather conditions, inconvenient location of survey objects, proximity to state borders and strict requirements for the survey period. Images obtained with the help of UAV are of high quality in terms of spatial resolution, the presence of channels for the formation of pseudo-color images, geometric accuracy, and at the same time do not require high costs for research. Conclusion. For the optimal implementation of the collection of information for carrying out reclamation activities at the sites of overburden dumps of coal deposits in Kuzbass, it is recommended to use aerial photography using UAV.

Keywords: coal mining, remote sensing, aerial photography, unmanned aerial vehicles, satellite imagery, Kuzbass

The work is being carried out within the framework of the Order of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022 No. 1144-r, a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle “Development and implementation of a set of technologies in the areas of exploration and production of solid minerals, ensuring industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials while consistently reducing the environmental burden on the environment and risks to the lives of the population” (“Clean Coal - Green Kuzbass”), event 3.1 “Eco-testing ground for world-class reclamation and remediation technologies” (agreement No. 075-15-2022- 1200 from 09/28/2022).

Почва является сложной матрицей, постоянно взаимодействующей с компонентами окружающей среды, следовательно, загрязнения почвы легко напрямую распространяются на поверхностные, грунтовые воды и воздух. Плодородный слой почвы – это ценный природный ресурс, естественное возобновление которого протекает медленно [1, 2]. Добыча угля неизбежно сопровождается нарушением земель и выведением их из хозяйственного оборота, поэтому существует необходимость восстановления почвы в местах отвалов угольных месторождений и проведения различных мероприятий по рекультивации. Проведение рекультивации начинается с подготовительного этапа, который заключается в изучении условий территорий для определения рекультивационного направления [1]. Для исследования территорий часто используют наземное обследование, которое, несмотря на свою низкую затратность, обладает целым рядом минусов, главным из которых является большая погрешность получаемых результатов, которая практически не поддается проверке. Также данный способ является более ресурсоемким и трудоемким по сравнению с методами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

ДЗЗ – это наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащенными различными видами съемочной аппаратуры. На рис. 1 представлены различные типы ДЗЗ, которые применяются для нужд геодезии и геологии.

Постоянно происходит развитие дистанционных технологий, что приводит к сближению информационных возможностей материалов аэрофото- и космической съемки (в том числе аэрофотосъемки и БВС). При выборе между космической и аэросъемкой для анализа угольных отвалов возможность получить сопоставимые характеристики материалов ДЗЗ может играть важную роль. Аэрофотосъемка считается более оперативным способом съемки территории, а применение космической съемки возможно только при экономической и технической целесообразности [3].

Значительный рост рынка беспилотных воздушных судов (БВС) очевиден. Материалы, полученные при съемке БВС, качественно превосходят материалы, полученные при аэрофотосъемке с самолетов во многих аспектах. Особенностью БВС является их способность летать на низкой высоте, ниже облаков. Они в основном оснащены оптическими камерами и проводят стереоскопическую съемку, данный подход позволяет осуществлять стереоскопическое дешифрование и создавать материалы с более высоким пространственным разрешением, чем у пилотируемой авиации [4].

Наблюдается сближение некоторых показателей материалов (наличие стереоскопии, геометрическая точность, наличие необходимых каналов для формирования псевдоцветных изображений, пространственное разрешение), полученных при космической съемке, аэросъемке и съемке с помощью БВС.



Рис. 1. Классификация средств проведения ДЗЗ по типу

Учитывая стоимость съемки, погодные условия, близость государственных границ, форму и расположение объектов съемки, требования к периоду и повторяемости съемок, доступность аэродромов, возможны различные варианты и их комбинации. Необходимо анализировать каждую задачу отдельно и выбирать наиболее подходящий способ съемки, который будет соответствовать требованиям проекта и иметь наименьшее количество ограничений и рисков. Дистанционные методы, такие как автоматизированная классификация материалов ДЗЗ, лазерное сканирование (лидарная съемка), использование многоканальных съемок (гиперспектральных, мультиспектральных), а также их комбинация с информационными технологиями представляют перспективные направления применения.

Несмотря на успешный мировой опыт и положительные результаты проводимых исследований, применение современных дистанционных методов зондирования при обследовании полигонов, подлежащих рекультивации, достаточно ограничено. Решение подобных задач связано с получением характеристик почв и растительности, но на достаточно обобщенном уровне.

Целью исследования являлся выбор средств ДЗЗ, которые обеспечивают наибольшую эффективность сбора информации для определения рекультивационного направления работ на угольных отвалах вскрышных пород месторождений Кузбасса. Для исследования были использованы основные типы средств ДЗЗ, такие как космическая съемка сверхвысокого пространственного разрешения, съемка средствами БВС, съемка средствами пилотируемых летательных аппаратов.

Материалы и методы исследования

Аэрофотосъемка экспериментального участка и сопредельных территорий отвалов вскрышных пород угольных месторождений Кузбасса выполнялась ранней осенью. Погодные условия во время проведения аэрофотосъемочных работ – ветер 3 м/с, температура окружающей среды +5 °С, пасмурно. Высота полета 100 м относительно точки взлета посадки. Полет выполнялся без огибания рельефа местности. Подготовка полетного задания производилась в программном обеспечении UGCS. Уравнивание полета для получения точных центров фотографирования выполнялось относительно точки базовой станции tbs_kru в программном обеспечении ТЕОВОТ, для при-

менения смещения камеры относительно GNSS приемника беспилотного воздушного судна использовалось программное обеспечение ТЕОВОХ 3.

Данные цифровых аэрофотосъемочных материалов представляли собой фотографии со штатной цифровой фотокамеры в формате *.jpg, размещенной на беспилотном воздушном судне модели DJI Phantom 4 Pro+ с установленным бортовым ГНСС приемником. Для геодезических измерений использовались спутниковые двухчастотные мультисистемные геодезические приемники PrinCe i90, серийные № 3409349, № 3409350 и Trimble R10-2, серийный номер № 6015F00329. Каждый спутниковый приемник прошел метрологическую поверку.

Результаты исследования и их обсуждение

Новые методы космической съемки с высоким пространственным разрешением и съемка с помощью БВС представляют конкуренцию для традиционных методов исследования [5–7]. Для выбора метода съемки угольных отвалов было проведено сравнение основных типов съемки, представленное в таблице.

Космическая съемка сверхвысокого пространственного разрешения представляет собой получение данных со спутников, их обработку и систематизацию. Стоимость 1 снимка составляет от 2000 \$ с минимальным объемом заказа 100 км². При этом данные снимки обладают пространственным разрешением от 2 м и метровой геодезической точностью. К преимуществам космической съемки относятся возможность получения результатов посредством геопорталов, наличие многих спектральных каналов, высокая обзорность получаемых данных, возможность съемки удаленных и труднодоступных территорий, в том числе тех, где на значительном расстоянии отсутствуют аэродромы, меньшая трудоемкость обработки по сравнению с аэрофотосъемкой. Спутниковая съемка также предлагает возможность частого наблюдения за одним и тем же объектом (например, раз в сутки или несколько раз в сутки), независимо от его географического расположения, что означает отсутствие ограничений для съемки граничных территорий и секретных государственных объектов, сложных процедур согласования. Немаловажным плюсом является уменьшение стоимости съемки в зависимости от увеличения площади зонирования.

Основные характеристики традиционного способа исследования
и различных методов ДЗЗ [4, 8–10]

Критерий	Традиционный способ исследования	Спутниковая съемка	Пилотируемые летательные аппараты	Применение БВС
Стоимость работ	Низкая на масштабах менее 0,2 км ² (выполняется штатными сотрудниками)	Высокая (от 2000 \$ за 100 км ²)	Высокая (от 100 тыс. руб. за вылет)	Средняя (от 5 000 руб. за км ²)
Оперативность	Средняя (от 3 дней)	Низкая (от 1 недели)	Низкая (от 1 недели)	Средняя (от 3 дней)
Геодезическая точность	Трудно измерима, отсутствует объективность	Метровая	Сантиметровая	Сантиметровая / субсантиметровая

У компаний, реализующих продукты космической съемки, существует высокий спрос на архивные снимки. Стоимость таких снимков обычно невысока и со временем имеет тенденцию к снижению.

Средняя себестоимость комплекса работ по аэрофотосъемке и обработке визуальных данных с помощью БВС составляет около 5000 руб/км². О растущем спросе на услуги БВС также можно судить по переориентации съемочного оборудования, программного обеспечения и части рынка аэросъемочных услуг на сегмент БВС. К основным преимуществам БВС относятся: возможность съемки маленьких по площади или линейных объектов с ультравысоким разрешением, что недоступно другим средствам по разным причинам – техническим и экономическим; возможность осуществлять съемку в условиях сложных для аэросъемки участков, а также участков, где существуют риски для жизни и здоровья пилотов (гор-

ная местность, неблагоприятные погодные условия, зоны стихийных бедствий, военных действий или техногенных катастроф); более гибкие требования к погодным условиям, сравнительно с аэрофотосъемкой; позволяет выполнять полеты без наличия аэродромов; стоимость работ для площадей менее 20 км² значительно ниже (от 5 тыс. руб./км²), чем при использовании других методов ДЗЗ [5, 9].

К основному недостатку БВС, значимому при обследовании полигонов, подлежащих рекультивации, относится недостаточная изученность пригодности материалов съемок БВС для данной задачи. У пилотируемых летательных аппаратов стоимость работ исчисляется сотнями тысяч рублей (1 час работы стоит порядка 100 тыс. руб. при схожей с БВС производительностью). Также они ограничены такими факторами, как наличие или отсутствие аэродромов, разрешение на полеты, метеословия.

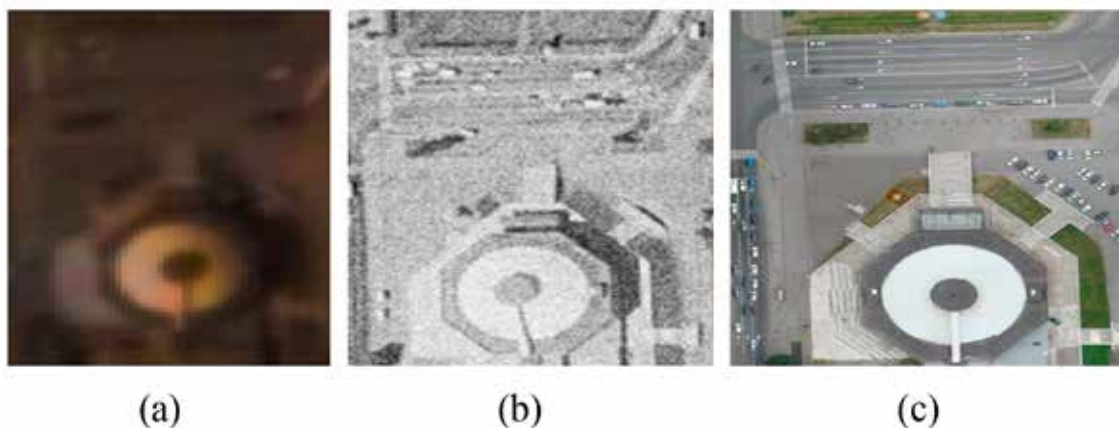


Рис. 2. Цифровой ортофотоплан КемГУ, полученный различными методами ДЗЗ:
(a) спутниковый снимок (спутник Канопус-В, пространственное разрешение 2 м/пикс),
(b) аэрофотосъемка с пилотируемого летательного аппарата (пространственное разрешение 20 см/пикс), (c) аэрофотосъемка с БВС (пространственное разрешение 5 см/пикс)

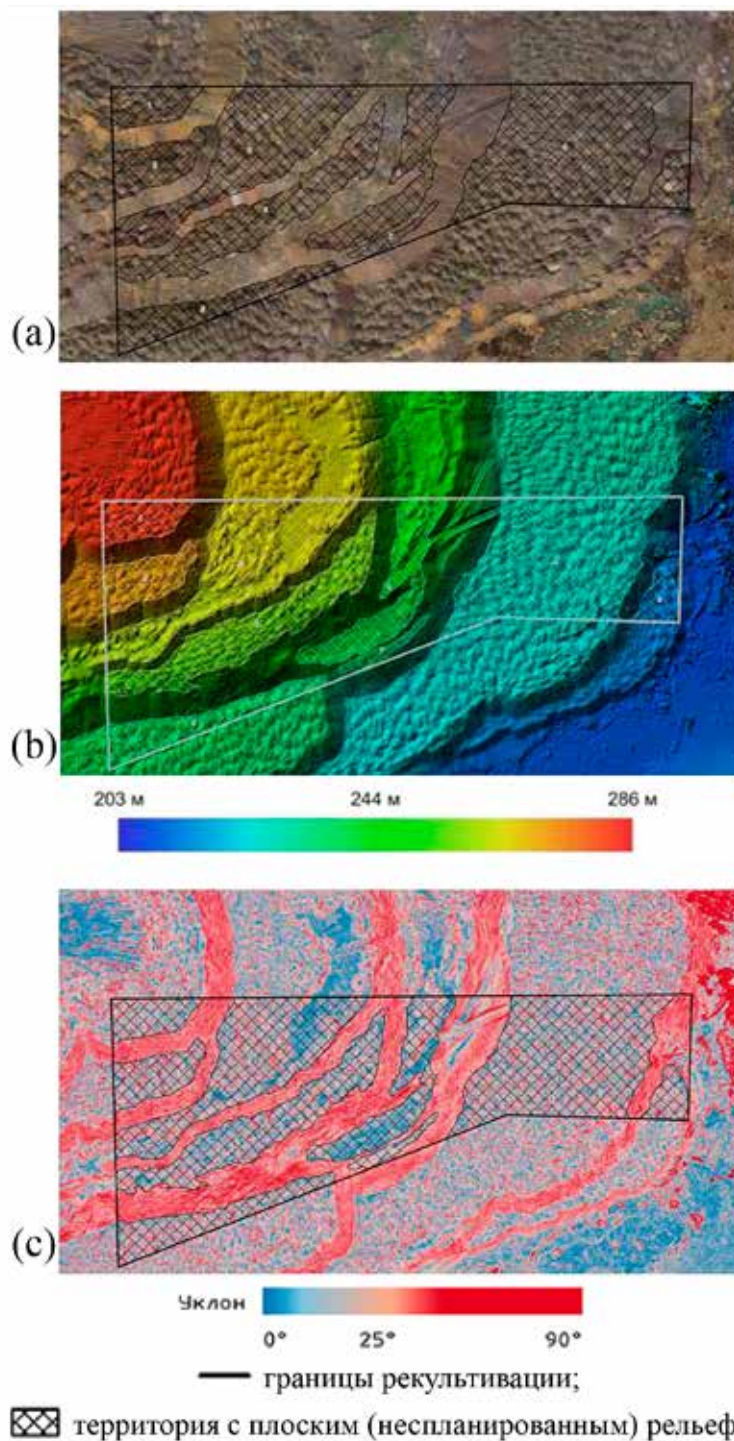


Рис. 3. Изображение экспериментального участка и сопредельных территорий:
 (a) ортофотоплан и граница объекта работ; (b) спектральная карта
 высот объекта работ; (c) карта плоских территорий

Для проведения полноценного исследования полигона, подлежащего рекультивации, необходимо изучить видимую ситуацию на объекте работ, рельеф территории для определения объема необходимых подготовительных работ на площадках объекта,

изучить существующие на участке вегетативные процессы, а также исключить вероятность наличия на объекте температурных аномалий и/или возможных источников выбросов метана, которые могут негативно сказаться на развитии высаживаемых куль-

тур [2]. Качество снимков является одним из важнейших параметров первого этапа подготовки плана по рекультивации почв угольных отвалов. На рис. 2 представлены снимки местности, полученные при помощи различных средств ДЗЗ, для исследования полигона предпочтительнее получать изображения с БВС, демонстрирующих максимальную детализацию исследуемой местности.

При принятии управленческого решения необходимо руководствоваться в первую очередь критериями точности получаемого результата, а также площади обследования, определяющей экономическую целесообразность выбора определенного метода обследования [4, 8–10]. Отметим, что наиболее эффективным техническим решением по исследованию отвалов вскрышных пород угольных месторождений Кузбасса является БВС. В случае небольшой площади объекта (до 8 га) становится возможным применение мультироторных систем с полетным временем до 30 мин, что снижает себестоимость данных работ, так как амортизация крупных промышленных БВС самолетного типа составляет порядка 50 тыс. руб. за одну взлет-посадку, а мультироторных систем – от 5 тыс. руб. При этом исключается риск получения повреждений БВС из-за посадки на твердый грунт.

Аэрофотосъемка экспериментального участка и сопредельных территорий отвалов вскрышных пород угольных месторождений Кузбасса выполнялась 20.10.2022. В результате произведенной аэрофотосъемки были получены аэрофотоснимки, которые были использованы для построения цифрового ортофотоплана и цифровой модели поверхности (рис. 3).

Закключение

Для оптимального осуществления сбора информации при проведении рекультивационных мероприятий на местах отвалов вскрышных пород угольных месторождений рекомендуется использовать аэрофотосъемку с применением БВС. Данный метод позволяет получать информацию быстро

и максимально эффективно с учетом отсутствия рядом аэродромов, плохих погодных условий, неудобного расположения объектов съемки, близости государственных границ и строгих требований к периоду съемок. Изображения, полученные при помощи БВС, отличаются высоким качеством по показателям пространственного разрешения, наличия каналов для формирования псевдоцветных изображений, геометрической точности и не требуют высоких затрат для проведения исследований.

Список литературы

1. Бузмаков С.А., Андреев Д.Н., Санников П.Ю. Применение беспилотного летательного аппарата при исследовании состояния лесов // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 4 (59). С. 60–69.
2. Данилин И.М., Ташлыков М.А., Данилин А.И. Трехмерный кадастр объектов недвижимости на основе данных дистанционного зондирования и ГИС // ГЕО-СИБИРЬ. 2010. № 1. С. 39–45.
3. Космаков В.И., Бадмаева С.Э., Бакач А.А. Этапы лесохозяйственной рекультивации земель, нарушенных при открытой добыче полезных ископаемых // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64, № 6. DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10430.
4. Максимова В.Н. Применение геоинформационных технологий для рационального использования земель сельскохозяйственного назначения (практический аспект) // Управление инвестициями и инновациями. 2018. № 2. С. 62–65.
5. Данилин А.И., Данилин И.М., Корец М.А., Нисевич А.Е., Онучин А.А., Свищев Д.А., Скудин В.М. Некоторые результаты научно-исследовательского проекта по использованию лазерной и цифровой аэро- и космической съемки при таксации леса // Лесная таксация и лесостроительство. 2013. № 1 (49). С. 26–33.
6. Петрова Т.А., Рудзиш Э. Рекультивация техногенно-нарушенных земель с применением осадков сточных вод в качестве мелиорантов // Записки Горного института. 2021. Т. 251, № 5. С. 767–776.
7. Хорт Д.О., Личман Г.И., Филиппов Р.А., Беленков А.И. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в точном земледелии // Фермер. 2016. № 8. С. 34–37.
8. Система координат WGS 84, основные параметры // Geostart: взгляд инженера. URL: <https://geostart.ru/post/324> (дата обращения: 13.01.2023).
9. Соколов С.В., Новиков А.И. Тенденции развития операционной технологии аэросева беспилотными летательными аппаратами в лесовосстановительном производстве // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7, № 4 (28). С. 190–205.
10. Толкач И.В., Саевич Ф.К. Спектральные и яркостные характеристики основных лесобразующих пород на снимках сканера LEICA ADS100 // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. 2016. № 1 (183). С. 24–27.

СТАТЬЯ

УДК 528.486.4
DOI

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ УСТРОЙСТВА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЮЖНОЙ РОКАДЫ В МОСКВЕ

Тоболкин К.А.

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии», Москва,
e-mail: portal@miigaik.ru

Геодезические работы являются неотъемлемой частью при инженерных изысканиях, проектировании и строительстве улично-дорожной сети города Москвы. В статье описаны основные этапы геодезических работ при строительстве участка дорожной инфраструктуры в городе Москве. Описан метод создания геодезической разбивочной основы и её последующего сгущения на строительной площадке. Приведены допустимые погрешности определения положения смежных пунктов для различных типов сооружений. На основании действующих нормативных документов даны допустимые отклонения геометрических параметров конструкции дорожной одежды. Подробно рассмотрены два метода контроля устройства дорожной одежды с помощью тахеометрической съемки и последующей обработки результатов измерений в программном обеспечении Autodesk Civil 3D. Данное программное обеспечение позволяет создавать поверхности на основе проектных данных и в автоматическом режиме рассчитывать значения отклонений в контролируемых точках съемки. Для сравнения отклонения от проекта вычислялись с помощью метода интерполирования отметок между горизонталями. На основании сравнения двух способов сделан вывод о преимуществе способа построения поверхностей. Данный способ позволяет в несколько раз быстрее выявить отклонения от проекта и устранить их, что способствует экономии средств и более качественному устройству дорожной одежды.

Ключевые слова: геодезия, дорожная одежда, тахеометрическая съемка, Autodesk Civil 3D, поверхность рельефа

RESEARCH OF GEODETIC METHODS FOR CONTROL OF ROAD PAVEMENT CONSTRUCTION ON THE EXAMPLE OF THE SOUTH ROKADA SECTION IN MOSCOW

Tobolkin K.A.

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, e-mail: portal@miigaik.ru

Geodetic work is an integral part of engineering surveys, design and construction of the road network of the city of Moscow. The article describes the main stages of geodetic work during the construction of a section of road infrastructure in the city of Moscow. A method for creating a geodetic alignment base and its subsequent thickening at a construction site is described. The permissible errors in determining the position of adjacent points for various types of structures are given. Based on current regulatory documents, permissible deviations of the geometric parameters of the road pavement structure are given. Two methods for monitoring road pavement construction using tacheometric surveys and subsequent processing of measurement results in Autodesk Civil 3D software are discussed in detail. This software allows you to create surfaces based on design data and automatically calculate deviation values at controlled survey points. For comparison, deviations from the design were calculated using the method of interpolating elevations between horizontal lines. Based on a comparison of the two methods, it was concluded that the method of constructing surfaces is superior. This method makes it possible to identify deviations from the design several times faster and eliminate them, which contributes to cost savings and better construction of road pavement.

Keywords: geodesy, road pavement, total station survey, Autodesk Civil 3D, relief surface

Безопасность дорожного движения и количество дорожно-транспортных происшествий напрямую зависят от состояния дорожной инфраструктуры. Качественное дорожное покрытие, обеспечивающее безопасное вождение, достигается соблюдением требований нормативных документов по устройству дорожной одежды во время строительства [1]. Одним из главных способов контроля за соблюдением этих требований является выполнение измерений параметров возводимых конструкций геодезическими методами.

Целью настоящей работы является рассмотрение методов выполнения геодезических измерений и обработки их результатов для определения наиболее оптимального, позволяющего получить наглядные и достоверные результаты в кратчайшие сроки.

Материалы и методы исследования

Перед началом проектирования объектов дорожной инфраструктуры производятся инженерно-геодезические изыскания, в результате которых составляется инженерно-топографический план местно-

сти. Как правило, топографическая съемка производится в пределах «красных» линий градостроительного регулирования, внутри которых планируется расположить будущую трассу. На основании инженерно-топографического плана проектируются объекты дорожной инфраструктуры и инженерные коммуникации, выносимые из зоны строительства.

До начала строительных работ создается геодезическая разбивочная основа (ГРО). ГРО представляет собой сеть закрепленных на местности пунктов с известными координатами. Для рассматриваемого в данной статье объекта строительства пункты ГРО выполнены в виде грунтовых реперов, стенных реперов для строительства дорог и инженерных коммуникаций, и пунктов принудительного центрирования для строительства эстакад.

Площадь и точность определения взаимного расположения пунктов ГРО выбирается исходя из площади застройки, характера местности и типа возводимых сооружений. В данном случае объект строительства расположен в г. Москве в районе улицы Верхние поля и МКАД, за пределами городской застройки. Допустимые средние квадратические ошибки (СКО) определения координат пунктов ГРО для строительства эстакад в плане 6мм, по высоте 3мм, точность определения взаимного планового положения смежных пунктов – 20мм [2]. Для строительства дорог допустимая погрешность определения взаимного планового положения смежных пунктов 20мм, высотного положения 5мм [3]. Для создания сети ГРО используются высокоточные тахеометры, цифровые нивелиры и спутниковое оборудование.

На первом этапе с помощью спутниковых наблюдений определяются координаты пунктов каркасной сети. В качестве базовых станций используются постоянно действующие базовые станции системы навигационно-геодезического обеспечения Москвы (СНГО Москвы). Результаты измерений передаются в ГБУ «Мосгоргеотрест» для уравнивания и определения координат в местной системе координат Москвы (МСК Москвы).

Далее от пунктов каркасной сети прокладываются полигонометрические ходы 1-го и 2-го разрядов для определения координат пунктов ГРО. Затем для определения высотных отметок прокладываются нивелирные ходы III класса по пунктам ГРО и пунктам опорной геодезической сети

(ОГС) Москвы, используемых в качестве исходных. Система высот называется «московская система отсчета высот 1932 года». Разница абсолютных отметок с Балтийской системой 1977 г. составляет +92мм [4]. В результате работ по расчетам сети ГРО создается технический отчет и подписывается акт освидетельствования ГРО. Технический отчет передается подрядным организациям, выполняющим работы.

При производстве строительного-монтажных работ участки огораживаются заборами, возводятся временные конструкции, создаются навалы грунта. Это является препятствиями для видимости между пунктами ГРО. Не всегда удается найти место, с которого одновременно можно наблюдать несколько пунктов ГРО и нужный участок работ. Поэтому для удобства геодезических работ может производиться сгущение сети ГРО с помощью закрепления пленочных отражателей (марок) и определения их координат и высот.

Тахеометр устанавливается так чтобы можно было сориентировать его с помощью обратной линейно-угловой засечки от исходных пунктов ГРО и сделать съемку пленочных отражателей. Также можно прокладывать полигонометрические ходы от пунктов ГРО или строить линейно-угловые сети с последующим уравниванием и вычислением координат марок. Высотные отметки отражающих пленок определяется с помощью тригонометрического нивелирования.

В начале строительных работ производится разбивка трассы. На местности закрепляется ось и габариты дороги, бровка или подошва откосов насыпей, выемки. Перед устройством основных слоев дорожной одежды производят подготовку зоны работ. Срезают растительный слой грунта и разбирают существующие покрытия. Первоначальная разбивка трассы в ходе подготовки будет уничтожена и затем неоднократно восстановлена, поэтому вынос в натуру может производиться с помощью спутникового оборудования в режиме кинематики в реальном времени (Real Time Kinematic, RTK). При использовании режима RTK один спутниковый приемник устанавливается на точку с известными координатами, а вторым производится вынос проектных координат в натуру. При работе на рассматриваемом участке использовался приемник Topcon Huper SR подключением к базовым станциям СНГО Москвы. Технические характеристики приемника представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики приемника Topcon Hyper SR

Число каналов	226 универсальных
Отслеживаемые сигналы	GPS, ГЛОНАСС, SBAS, QZSS
Точность в «статике» и «быстрой статике» при 5 и более спутниках	В плане: 3 мм + 0,5 мм/км; По высоте: 5 мм + 0,5 мм/км
Точность в режиме реального времени (RTK)	В плане: 10 мм + 1,0 мм/км; По высоте: 15 мм + 1,0 мм/км

Далее при более детальных разбивках спутниковое оборудование может использоваться в сочетании с нивелиром. При контроле качества выполненных работ допустимое отклонение ширины слоя дорожной одежды от проектной составляет от -7.5см до +10см для 10% измерений и ±5см для остальных. При контроле отклонений высотных отметок от проектных – не более 10% результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до ±20мм, остальные – до ±10мм [5]. Спутниковый приемник не может обеспечить данную точность при измерении отметок, следовательно, их необходимо контролировать нивелиром или тахеометром.

В проекте строительства дороги пикеты идут через 20 метров. Разбивка трассы производится через 10 метров с указанием пикетов, например, ПК0+00, ПК0+10, ПК1+00, ПК1+10 и так далее. Пикеты закрепляются деревянными кольями с подписью номера пикета. В зону строительства тахеометром или нивелиром от пункта ГРО или разбивочной сети на надёжно закрепленный объект переносится высотная отметка. Далее с помощью нивелира отмечают на кольях верх укладываемого слоя дорожной одежды. Данный метод разбивки применяют при устройстве земляного полотна, насыпей, дополнительного слоя основания из песка и щебеночного основания дороги. При устройстве слоев из бетона и асфальтобетона разбивочные работы выполняют тахеометром и нивелиром [6]. Конструкция дорожной одежды рассматриваемого участка представлена на рисунке 1.

На всех этапах устройства дорожной одежды производится контроль высотных отметок и планового положения уложенного слоя. Для этого выполняется тахеометрическая съёмка. Прибор устанавливается в месте работ, примерно в середине участка. Ориентирование производится с помощью обратной линейно-угловой засечки. Для определения координат тахеометру достаточно измерить углы между двумя пункта-

ми с известными координатами и расстояние до этих пунктов. Но что бы избежать неоднозначности в ориентировании добавляют третий пункт [7]. Далее производится непосредственно съёмка. Отражатель устанавливается в точку, где необходимо определить отметку, тахеометр производит измерение и записывает результат в виде координат и высотной отметки в память. Для съёмки использовался тахеометр Sokkia CX102. Технические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2

Технические характеристики тахеометра Sokkia CX-102

Точность измерения углов	2"
Точность измерения расстояний, мм	
без отражателя	± (3 + 2x10 ⁻⁶ x D)
на призму	± (2 + 2x10 ⁻⁶ x D)
на отражающую пленку	± (3 + 2x10 ⁻⁶ x D)

После выполнения съёмки данные съёмки обрабатываются на компьютере. Проект вертикальной планировки представлен в виде горизонталей (рис. 2).

Основные горизонталы показаны черными жирными линиями с сечением рельефа 0,5м. Вспомогательные горизонталы показаны тонкими черными линиями с сечением рельефа 0,1м. Дополнительно в характерных точках указываются высотные отметки, направление и величина уклона. Так же на листе проекта синим цветом показаны линии лицевой стороны проектируемого бортового камня. Красным цветом нанесены красные линии градостроительного регулирования. Ось трассы с подписью пикетов показана сплошной красной линией по центру дороги.

Для выполнения разбивочных работ и анализа результатов геодезических съёмки от проектной организации были получены планировочные решения в формате «.dwg». Данные решения можно просматривать и редактировать в программном обеспечении Autodesk Civil 3D.

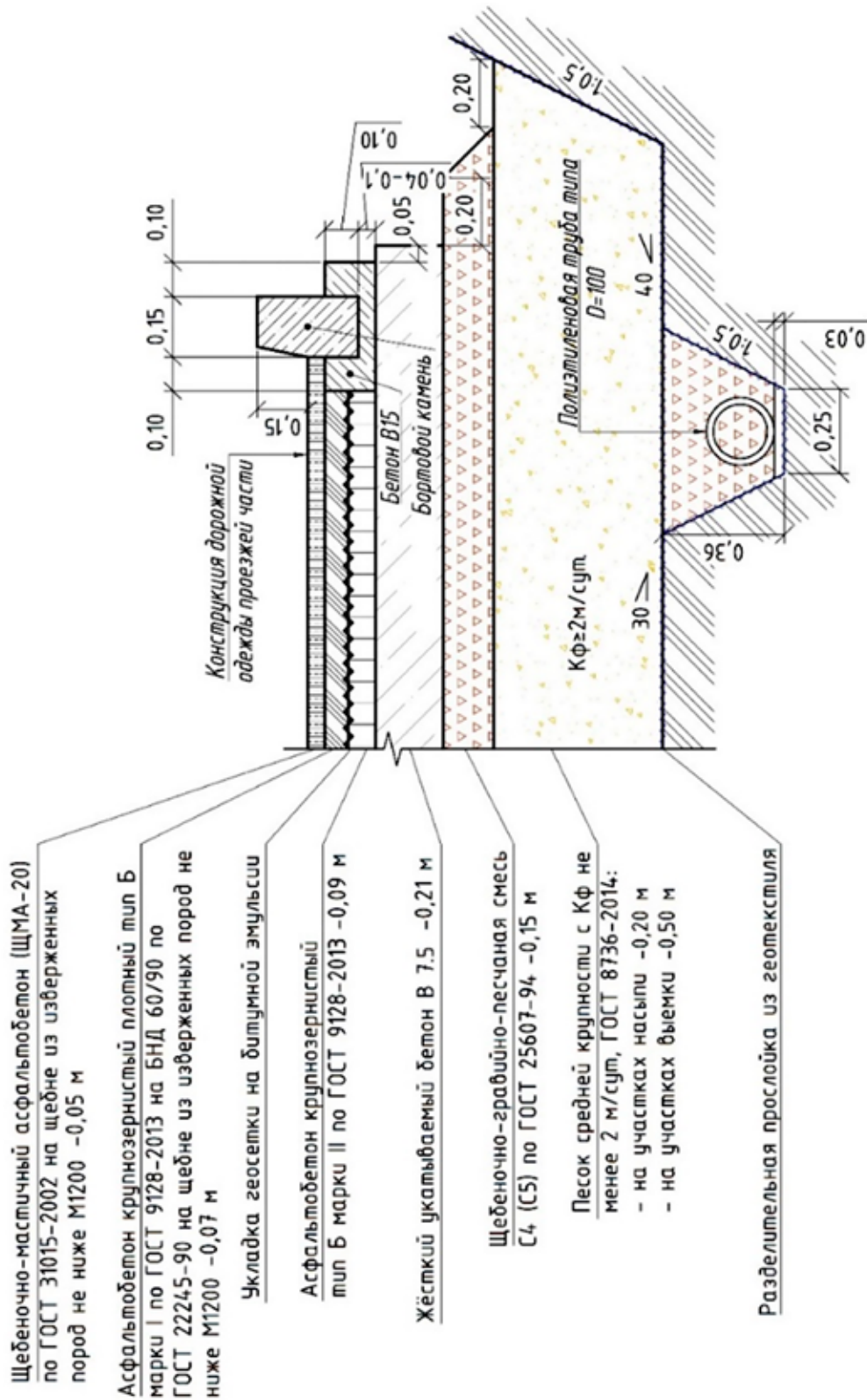


Рис. 1. Конструкция дорожной одежды

Горизонталы отображаются полилиниями с координатами вершин и уровнем, соответствующими системе координат и высот строящегося объекта. Система координат МСК Москвы задана в левой системе координат, а Civil 3D работает в правой. Ось X в Civil 3D направлена на восток, поэтому координаты X и Y меняются местами при переносе из проекта в ПО Autodesk.

Измерения из памяти тахеометра с помощью usb-flash-накопителя переносятся на компьютер и открываются в ПО Civil 3D. Данные отображаются в виде точек с подписанными высотами. Далее эти данные копируются в файл с проектными горизонталями и строятся две поверхности из треугольников, образующих нерегулярную сеть триангуляции TIN (Triangulated Irregular Network). Первая проектная поверхность строится по горизонталям в виде треугольников со сторонами соединяющие все вершины проектных полилиний. На построение оказывают влияние характеристики структурных линий, по которым она строится. Поверхность моделируется методом триангуляции Делоне, согласно которой окружность, проведенная через вершины треугольника, не содержит внутри себя вершин других треугольников [8]. Но в случае наличия ребра, добавленного как структурная линия к поверхности и находящегося между точками алгоритм программы предполагает соединение этих точек, даже если нарушается условие триангуляции Делоне. Перед построением этой поверхности удаляются совпадающие вершины. Большое количество близко расположенных друг к другу вершин горизонталы также оказывают влияние на поверхность. Для оператора очевидно, что углы горизонталей на оси трассы являются характерной линией водораздела и должны быть соединены при построении ребра, но программа может этого не сделать из-за присутствия нескольких вершин вблизи оси трассы. Тогда поверхность построится некорректно и при сравнении с фактическими отметками могут быть вычислены неверные значения отклонений. Для исключения этих факторов можно включить отображение горизонталей построенной поверхности и сравнить с исходными полилиниями (горизонталями). Если они не совпадают, то рекомендуется включить отображение сторон треугольников поверхности и переставить ребра для корректного перестроения горизонталей.

Отметки проектных горизонталей даны по верхнему слою покрытия дорожной одеж-

ды. Поэтому в случае съемки нижележащих слоев проектную поверхность необходимо опустить на толщину верхних слоев. Например, если выполнялась съемка нижнего слоя покрытия, то поверхность опускается на толщину верхнего слоя асфальта – 0,05м.

Вторая поверхность строится по точкам съемки. Программа соединяет вершины с условием Делоне, как и при построении проектной поверхности. Съёмочные точки тоже могут быть расположены близко друг к другу и это повлияет на будущую поверхность. Для корректного построения поверхности так же отображаются горизонталы и оператором визуально проверяются их расположение. В случае обнаружения резких изгибов или даже пересечений и уверенности в отсутствии таких мест на контролируемом участке, включается отображение сторон треугольников и ребра переставляются до получения реальной картины.

Затем строится еще одна поверхность – поверхность «TIN для объема», необходимая для расчета отклонений отметок от проекта. Эта поверхность представляет собой объединение элементов двух ранее построенных поверхностей. В качестве базовой назначается проектная поверхность. В качестве поверхности сравнения задается фактическая съёмочная поверхность. Отметки рассчитываются как разность отметок фактической и проектной поверхностей. Например, если отметка фактической поверхности 144,457, а проектной 144,461, то отметка поверхности TIN для объема будет -0,004. Далее в ручном или автоматическом режиме добавляются метки поверхностей, отображающие проектную отметку, фактическую и отклонение в точке съемки. Возможно поставить метку в любом произвольном месте в пределах границы съемки, но фактическая отметка и, соответственно, отклонение будут получены путем интерполирования отметок между съёмочными точками. Результат обработки съемки представлен на рисунке 3.

Проектные горизонталы отображены черным цветом. Горизонталы, построенные по съёмочным точкам красные. Грани фактической поверхности TIN построены голубыми линиями. Большое смещение фактических горизонталей объясняется съемкой нижнего слоя покрытия, который ниже верхнего на 5 см.

Второй способ вычисления отклонений отметок фактической съемки от проектной заключается в ручном интерполировании проектной отметки в точке съемки, находящейся между горизонталями.

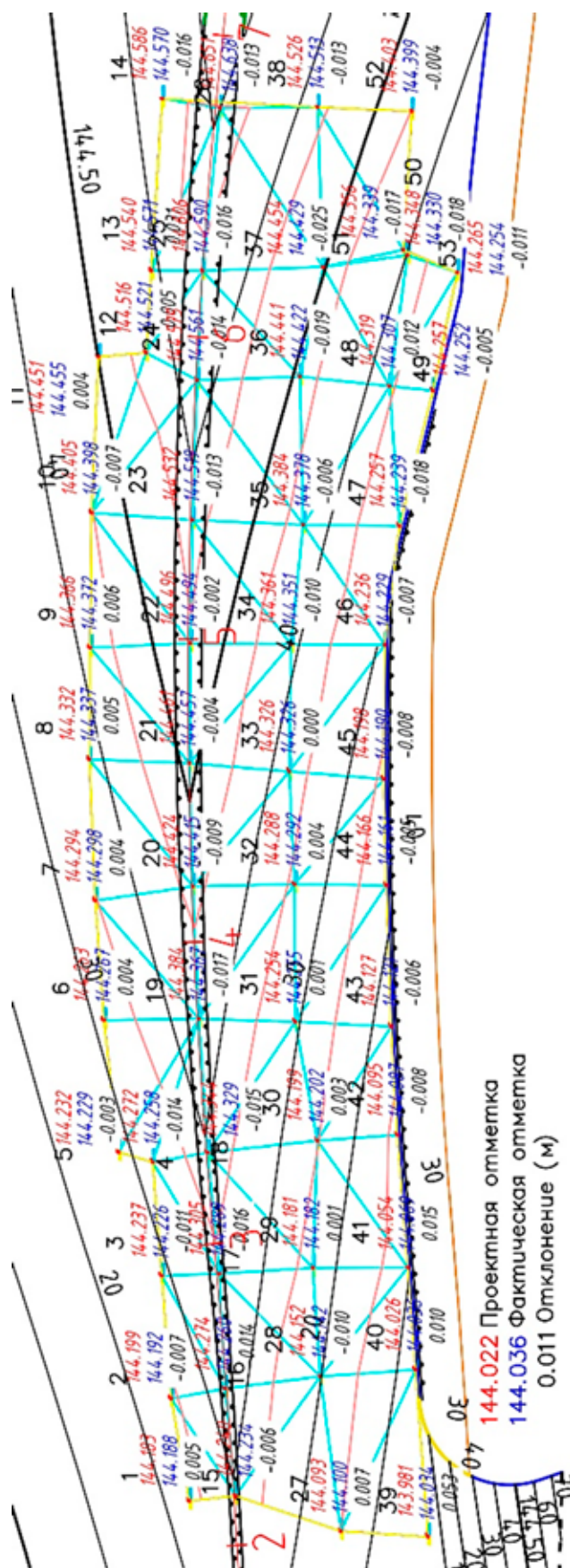


Рис. 3. Результат обработки тахеометрической съемки в ПО Autodesk Civil 3D методом построения поверхностей

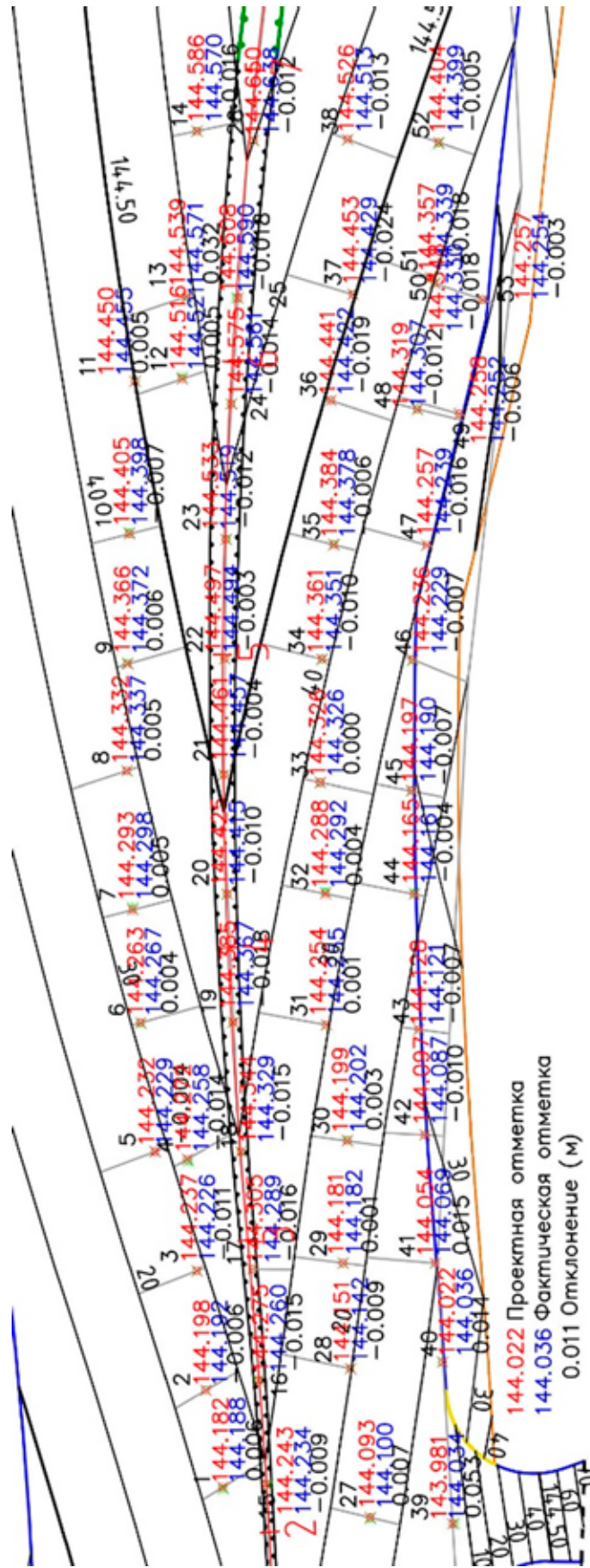


Рис. 4. Результат обработки тахеометрической съемки в ПО Autodesk Civil 3D методом интерполяции

Данный метод заключается в проведении кратчайшей прямой, соединяющей горизонтали и проходящей через точку, в которой нужно определить отметку. При интерполировании отметок на бумажном листе топографического плана измеряется длина линии и расстояние от одной горизонтали до точки. Из высоты сечения рельефа вычисляется разность отметок между горизонталями. Полученное значение делится на длину линии. Результат умножается на длину линии от горизонтали до точки и в зависимости от направления уклона поверхности прибавляется или вычитается из отметки горизонтали.

В данном случае интерполирование производится на компьютере. Горизонтали соединяются элементом «3D-полилинии». В отличие от обычной полилинии все ее вершины могут иметь разные отметки. Далее в окрестности съемочной точки, где необходимо определить отметку, ставится точка с привязкой к 3D-полилинии. Отметка точки интерполируется в соответствии с отметками начала и конца 3D-полилинии. Таким образом вычисляется проектная отметка верхнего слоя покрытия в точке съемки. Из этой отметки вычитается толщина слоя 50мм и получается проектная отметка контролируемого слоя, которую нужно сравнивать с фактической отметкой точки съемки. Вычислив все отметки рассчитывается отклонение от проекта. Две высотные отметки и отклонение от проекта добавляются рядом с точкой съемки в виде текста. Далее эти действия производились с каждой съемочной точкой. Результат обработки съемки методом интерполирования представлен на рисунке 4.

Проектное положение края слоя в плане рассчитывается с помощью расстояния от лицевой грани бортового камня (рис.1). Фактический край слоя строится по точкам съемки и сравнивается с проектным. Как правило, слой дорожной одежды укладывается с запасом по ширине, поэтому плановое положение исправлять не требуется.

Результаты исследования и их обсуждение

На обработку тахеометрической съемки методом построения поверхностей, включая их корректирование было затрачено менее 5 минут. Стиль метки поверхности, содержащий значения отметок всех поверхностей и отклонение был создан ранее. Метки проставлялись в каждую точку вручную. Обработка методом интерполирования по 3D-полилинии заняла около 40 минут. Количество обработанных съемочных то-

чек составляет 53 в обоих методах. Максимальная разница в определении проектной отметки составила 4мм в точке №40.

По результатам обработки тахеометрической съемки выявлены места с отклонениями высотных отметок, превышающие допустимые. Координаты этих мест выносятся на местность тахеометром, спутниковым оборудованием или определяются с помощью разметки пикетов и исправляются. Далее производится повторная тахеометрическая съемка. При отсутствии отклонений, превышающих допустимые пределы, составляется исполнительная схема.

Выводы

Использование тахеометра и спутникового оборудования позволяет существенно сократить время производства разбивочных и съемочных работ. Применение специализированного программного обеспечения Civil 3D для обработки данных измерений дает наглядный результат качества работы по устройству участка дорожной одежды и позволяет оперативно исправлять все выявленные отклонения, превышающие допустимые значения. Использование метода построения поверхностей для вычисления отклонений от проекта позволяет получить наглядный результат более чем в 8 раз быстрее, чем ручное интерполирование отметок. Данный метод является предпочтительным при необходимости обработки большого количества измерений.

Список литературы

1. Сапрыкин С.С., Пак В.В. Влияние состояния дорожного полотна и дорожных условий на безопасность дорожного движения // Вестник магистратуры. 2022. № 3-1(126). С. 6-8.
2. СП 46.13330.2012. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91. Введ. 01.01.2013. М.: Стандартинформ, 2017. 145 с.
3. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84. Введ. 25.04.2018. М.: Стандартинформ. 2018. 58 с.
4. Приказ Москомэкспертизы от 11.10.2021 № МКЭ-ОД/21-77 «Об утверждении требований к информационным моделям линейных объектов капитального строительства». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mos.ru/mke/documents/prikazy/view/259221220/> (дата обращения: 12.10.2023).
5. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2017. 145 с.
6. Филатова А.В., Поздышева О.Н., Арутюнян А.О. Изучение процессов работы геодезического оборудования при строительстве дорог: монография. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2017. 94 с. DOI: 10.17117/mon.2017.01.02.
7. Никонов А.В. К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 1, № 1. С. 93-100.
8. Левин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Моделирование рельефа на основе триангуляции Делоне // Наука и технологии железных дорог. 2018. Т. 2, № 1(5). С. 3-15.