



ИД «Академия Естествознания»

**УСПЕХИ
СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Научный журнал

№ 9 2023



**ADVANCES
IN CURRENT
NATURAL SCIENCES**

Scientific journal

No. 9 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., *Абилхасимов 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. *Егорина 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. *Ивашикевич 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. *Ширатов 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

29.09.2023

Дата выхода номера

31.10.2023

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

10,25

Тираж

1000 экз.

Заказ

УСЕ 2023/9

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.,

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

Dudkina N.A.

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. **Dolyatovskiy 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. **Yurgensova 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

Telephone

+7 (499) 705-72-30

Signed for print

29.09.2023

Number issue date

31.10.2023

Format

60x90 1/8

Conditionally printed sheets

10,25

Circulation

1000 copies

Order

YCE 2023/9

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)

СТАТЬЯ

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ДЕКОРАТИВНЫЕ КАЧЕСТВА ЛИЛИИ
В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОГО РАЙОНА

Усова К.А., Мельникова Н.В., Карбасникова Е.Б., Розова М.А.8

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

СТАТЬЯ

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОПОВЫШЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ
ЭКСКАВАТОРАМИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР
В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Ильинцев А.С., Наквасина Е.Н.16

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

СТАТЬИ

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ И МИГРАЦИИ МЕДИ
В ВОДЕ РЕК ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Атабиева Ф.А., Отарова А.С.22

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ
МЕТАГЕОСИСТЕМ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ)

Зарубин О.А., Рычкова О.В., Агеева А.Р.28

ИНКЛЮЗИВНЫЙ ТУРИЗМ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Карпова Ю.И., Волкова Т.А., Комаров Д.А.35

КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ТЕРРИТОРИИ РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ТОБУЙА»
ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Николаев А.А.42

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГЕОУРБАНИСТИКИ
В XIX–XX ВЕКАХ

Меринова Ю.Ю., Кузьменко Д.Р.48

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

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
АНАБАР-ОЛЕНЕКСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ЗОНЫ, ШЕЛЬФОВ
МОРЯ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ

Оболкин А.П., Слепцова М.И.54

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР БОЛЬШОГО
СОЛОВЕЦКОГО ОСТРОВА

Титова К.В., Жибарева Т.А., Слобода А.А., Вахрамеева Е.А., Кокрятская Н.М.63

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

СТАТЬИ

УСТРОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ
КРИОГЕННЫХ РЕСУРСОВ

Кузьмин Г.П.71

ТОПОХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА ФТОРИДНО-АММОНИЕВОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Пушкин А.А., Римкевич В.С., Гиренко И.В.77

CONTENTS

Agricultural sciences (4.1.1)

ARTICLE

THE EFFECT OF WEATHER CONDITIONS ON THE DECORATIVE
QUALITIES OF LILIES IN THE VOLOGDA DISTRICT

Usova K.A., Melnikova N.V., Karbasnikova E.B., Rozova M.A.8

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

ARTICLE

CREATION OF SPOT MOUNDS AFTER TILLAGE BY EXCAVATORS
FOR PLANTING FOREST CROPS IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE
OF THE KOMI REPUBLIC

Ilintsev A.S., Nakvasina E.N.16

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

ARTICLES

INVESTIGATION OF THE LEVEL OF COPPER CONTENT AND MIGRATION
IN THE WATER OF THE RIVERS OF THE CENTRAL CAUCASUS

Atabieva F.A., Otarova A.S.22

FUNCTIONAL GEOECOLOGICAL ZONING OF REGIONAL METAGEOSYSTEMS
(BY THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA)

Zarubin O.A., Rychkova O.V., Ageeva A.R.28

INCLUSIVE TOURISM IN KRASNODAR REGION

Karpova Yu.I., Volkova T.A., Komarov D.A.35

COMPREHENSIVE ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ANALYSIS
OF THE TERRITORY OF THE RESOURCE RESERVE “TOBUYA”
OF THE LENO-VILYUI INTERFLUENCE

Nikolaev A.A.42

REVIEW

HISTORY OF NATIONAL GEO-URBAN STUDIES DEVELOPMENT
IN THE XIX–XX CENTURIES

Merinova Yu.Yu., Kuzmenko D.R.48

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

FEATURES OF THE SEISMOGEOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF THE ANABAR-OLENEK STRUCTURAL ZONE, THE SHELVES
OF THE LAPTEV SEA AND THE EAST SIBERIAN SEA

Obolkin A.P., Sleptsova M.I.54

GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF LAKES BIG
SOLOVETSKY ISLAND

Titova K.V., Zhibareva T.A., Sloboda A.A., Vakhrameeva E.A., Kokryatskaya N.M.63

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

ARTICLES

DEVICES AND TECHNOLOGIES FOR THE USE OF NATURAL
CRYOGENIC RESOURCES

Kuzmin G.P.71

TOPOCHEMICAL KINETIC OF FLUORIDE-AMMONIUM PROCESSING
OF MAN-MADE ASH AND SLAG WASTE

Pushkin A.A., Rimkevich V.S., Girenko I.V.77

СТАТЬИ

УДК 635.051:551.515
DOI 10.17513/use.38096

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ДЕКОРАТИВНЫЕ КАЧЕСТВА ЛИЛИИ В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОГО РАЙОНА

Усова К.А., Мельникова Н.В., Карбасникова Е.Б., Розова М.А.

ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия
имени Н.В. Верещагина», Вологда, e-mail: kseniyausuva@mail.ru

В настоящее время в зеленом строительстве лилии – одна из самых востребованных цветочных культур, интерес к ним неуклонно растет. Особенно актуально изучение их качеств в условиях северных регионов, где климатические факторы вегетационного периода оказывают значительное влияние на сроки цветения, его продолжительность и в целом на декоративность. При проведении исследования основной целью было изучение влияния погодных условий на декоративные качества лилий. На опытном поле Вологодской ГМХА, где выполнялась научная работа, имеется значительный опыт выращивания данной культуры. В качестве исследуемых образцов использовались молодые растения сорта Аэлита, имеющего высокие декоративные свойства. В течение трехлетнего периода изучалось влияние температуры и осадков на сроки наступления цветения, его продолжительность и обилие. Проведена оценка декоративных качеств цветов по 12 показателям и оценка хозяйственно-биологических признаков по пяти критериям. Прохождение фенологических фаз фиксировали ежегодно с конца апреля до начала сентября каждые три дня. Показатели декоративности определяли в период массового цветения. Лилии сорта Аэлита относятся к группе средне- и позднецветущих растений, цветение наблюдается с середины июля и длится от 2 до 3,5 недель. В значительной степени это зависит от температуры и осадков. Количество цветков мало зависит от погодных условий. В условиях северных населенных пунктов при благоприятных условиях вегетационного периода лилия сорта Аэлита формирует растения с высокой декоративностью.

Ключевые слова: лилии, азиатские лилии, продолжительность цветения, влияние погодных условий на сроки цветения, оценка декоративности

THE EFFECT OF WEATHER CONDITIONS ON THE DECORATIVE QUALITIES OF LILIES IN THE VOLOGDA DISTRICT

Usova K.A., Melnikova N.V., Karbasnikova E.B., Rozova M.A.

Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereschagin, Vologda,
e-mail: kseniyausuva@mail.ru

Currently, lilies are one of the most popular flower cults in green construction, interest in them is steadily growing. Especially important is the study of their qualities in the conditions of the northern regions, where the climatic factors of the growing season largely influence the timing of flowering, its duration and, in general, decorativeness. During the study, the main goal was to study the influence of weather conditions on the decorative qualities of lilies. On the experimental field of the Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereschagin, where scientific work was carried out, there is considerable experience in growing this crop. Young plants of the Aelita variety, which has high decorative properties, were used as the test samples. During a three-year period, the influence of temperature and precipitation on the timing of flowering, its duration and abundance was studied. The decorative qualities of flowers were assessed according to 12 indicators and economic and biological characteristics were assessed according to 5 criteria. The passage of phenological phases was recorded annually from the end of April to the beginning of September with a frequency of 3 days. Decorative indicators were determined during the period of mass flowering. Aelita lilies belong to the group of medium and late flowering plants, flowering is observed from mid-July and lasts from 2 to 3.5 weeks. It largely depends on temperature and precipitation. The number of flowers depends little on weather conditions. In the conditions of the northern settlements, under favorable conditions of the growing season, the lily of the Aelita variety forms plants with a high decorative effect.

Keywords: lilies, Asian lilies, duration of flowering, effect of weather conditions on the flowering period, assessment of the decorative qualities

Лилии широко используются в садовом цветоводстве и зеленом строительстве, выращиваются на клумбах и миксбордерах, подходят для выгонки и срезки [1–3]. По сравнению с другими луковичными и клубнелуковичными растениями лилии имеют ряд преимуществ:

- они мало подвержены грибным заболеваниям;
- имеют крупные и ароматные цветки;
- луковицы могут расти на одном месте до 20 и более лет;
- лилии хорошо поддаются выгонке, что позволяет получать срезку в разное время года.

Различные виды и сорта лилий успешно растут, цветут, дают семена и размножаются вегетативным путем в условиях севера России [4, 5]. Однако в Вологодской области, расположенной в зоне рискованного земледелия, климатические факторы вегетационного сезона могут неблагоприятно воздействовать на цветочно-декоративные культуры [6].

Цель исследования заключалась в изучении декоративных качеств лилий и влияния на них погодных условий Вологодского района.

Материалы и методы исследования

Весной 2020 г. была произведена закладка опыта на территории учебно-опытного поля Вологодской ГМХА. Для посадки отбирали молодые луковицы лилий сорта Аэлита, полученные методом деления гнезда на маточных насаждениях. Повторность опыта трехкратная, размер делянок 1,5×2 м. Сорт лилии Аэлита относится к группе Азиатские гибриды. Высота растений данного сорта может достигать 80–120 см. Декоративность растениям придают звездчатые цветки, имеющие светло-желтые удлиненные лепестки, покрытые многочисленными темно-коричневыми пятнами. Соцветие лилии сорта Аэлита рыхлое, состоит из 8–15 цветков, достигающих в диаметре 13–16 см (рис. 1).

Исследование проводилось в течение трех лет. Каждый год во время вегетационного периода (с конца апреля по начало сентября) отмечали прохождение фенологических фаз растениями лилии сорта Аэлита.

Ежегодно во время фазы цветения растений оценивали декоративные качества по общепринятым методикам, учитывающим в том числе количество цветков в соцветии и продолжительность периода цветения [6, 7]. Температура воздуха и осадки фиксировались в течение всего вегетацион-

ного периода, с учетом метода оценки температурных норм развития [8].

Комплексная оценка декоративности цветочных культур проводилась по методике государственного сортоиспытания декоративных культур [9].

Оценка декоративной ценности растений проводилась в период массового цветения по 100-балльной шкале. При этом для растений выделяются наиболее ценные в декоративном отношении признаки, каждый из которых для данного вида (сорта) растений оценивается по пятибалльной шкале в зависимости от выраженности признака. Высшая оценка (5 баллов) выставляется, если признак у растения является хорошо выраженным, соответствует сорту или превосходит его. Низшая оценка (1 балл) выставляется, если признак у растения выражен слабо или отсутствует.

В случае необходимости шкала декоративности для конкретного вида растений может разрабатываться исследователем в зависимости от биологических особенностей растения. Так, например, разработаны шкалы для оценки декоративности таких декоративных деревьев и кустарников, как клен [10], туя западная [11], вечнозеленых кустарников и лиан [12], а также разнообразных цветочно-декоративных растений [13, 14] и газонных трав [15].

Как в методике государственного сортоиспытания, так и в самостоятельно разрабатываемых исследователями шкалах для оценки декоративности используется не очень большое количество признаков (не более 8–10), которые оцениваются по пятибалльной шкале. Затем полученный балл (отдельно по каждому признаку) умножается на переводной коэффициент, отражающий степень значимости данного признака для характеристики декоративности данного вида растений. В дальнейшем результаты суммируют.



Рис. 1. Цветение лилий сорта Аэлита

Переводные коэффициенты подбирают в том числе таким образом, чтобы при оценке всех признаков в 5 баллов растение получало максимальную оценку в 100 баллов. Растения, получившие оценку за декоративность выше 80 баллов, признаются высокодекоративными.

В Методике государственного сортоиспытания [14] декоративность многолетних декоративных травянистых растений предлагается проводить по следующим признакам: окраска, устойчивость к выгоранию, размер и форма цветка, аромат, цветонос (длина и прочность), соцветие (размер, форма, чис-

ло цветков, одновременность расцветания, плотность и правильность расположения цветков), обилие цветения, длительность цветения, оригинальность и состояние растений.

Также к числу важнейших декоративных признаков относится махровость, устойчивость к неблагоприятным условиям, габитус растения и многие другие [15].

Согласно методике по 50-балльной шкале оценивают хозяйственно-биологические признаки (продуктивность и продолжительность цветения, способность к размножению луковицами, деткой и бульбами, размер цветка и устойчивость в грунте).

Таблица 1

Шкала оценки декоративных и хозяйственно-биологических признаков гибридных лилий [16]

Признак	Оценка по 5-балльной шкале	h1	h2	h3	S1	S2	S3
Декоративные признаки							
Окраска цветка	5	3	2	2	15	10	10
Устойчивость окраски к выгоранию	5	1	0	0	5	0	0
Форма и направленность цветка	5	1	3	3	5	15	15
Размер цветка	5	2	3	3	10	15	15
Качество лепестков	5	2	2	2	10	10	10
Соцветие (форма, плотность, размер)	5	1	1	1	5	5	5
Количество цветков в соцветии	5	2	1	1	10	5	5
Количество одновременно раскрытых цветков	5	2	2	2	10	10	10
Генеративный побег (длина, прочность)	5	1	2	2	5	10	10
Длительность цветения	5	1	0	0	5	0	0
Аромат	5	1	1	1	5	5	5
Оригинальность	5	2	2	2	10	10	10
Общее состояние	5	1	1	1	5	5	5
Итого декоративные признаки					100	100	100
Хозяйственно-биологические признаки							
Устойчивость к природно-климатическим условиям (засухо-, зимостойкость, устойчивость к вымоканию)	5	3	3	1	15	15	5
Устойчивость к заболеваниям	5	3	3	3	15	15	15
Коэффициент размножения луковицами	5	1	1	0	5	5	0
Коэффициент образования луковичек на чешуях	5	3	3	3	15	15	15
Длительность благоприятного периода выгонки, необходимость дополнительного освещения	5	0	0	3	0	0	15
Итого хозяйственно-биологические признаки					50	50	50
Итого все признаки					150	150	150

Примечания: h1 – переводной коэффициент при оценке сортов лилий для использования в зеленом строительстве, h2 – переводной коэффициент при оценке сортов лилий для выращивания на срез в условиях открытого грунта, h3 – переводной коэффициент при оценке сортов лилий для внесезонного среза в условиях закрытого грунта; S1 – оценка сортов лилий по 150-балльной шкале для использования в зеленом строительстве, S2 – оценка сортов лилий по 150-балльной шкале для выращивания на срез в условиях открытого грунта, S3 – оценка сортов лилий по 150-балльной шкале для внесезонного среза в условиях закрытого грунта.

Для оценки сортов лилий методика государственного сортоиспытания не вполне удобна, поэтому для комплексной оценки декоративных и хозяйственных качеств лилий сорта Аэлита была использована модификация методики, предложенная А.Ю. Пугачевой, которая учитывает пригодность использования сортов лилий не только для выращивания в грунте, но и возможность использования на срезку и для выгонки вне сезона [16] (табл. 1).

Методика, предложенная А.Ю. Пугачевой, была использована нами для определения декоративных признаков растений азиатских гибридов лилии сорта Аэлита в части оценки пригодности использования лилий в зеленом строительстве (переводной коэффициент h_1). Так как выкопку луковиц для определения коэффициента размножения луковицами и опытов по изучению коэффициента размножения чешуями не производили, при оценке лилий использовали только часть приведенной в табл. 2 информации.

Результаты исследования и их обсуждение

На многие показатели растений, в том числе на сроки наступления фенологических фаз, значительное влияние оказывают погодные условия вегетационного периода [12], в том числе температура воздуха (рис. 2) и режим выпадения осадков.

В 2020 г. температура воздуха нестабильна, на протяжении практически всего вегетационного периода 2020 г. дневная температура резко менялась, наблюдались перепады температур. С первой декады мая и до второй декады июля температура воз-

духа то опускалась (до 5–10 °С), то снова поднималась (до 25 °С). В третьей декаде июня температура воздуха днем составила в среднем 14 °С.

2021 г. характеризуется в целом более низкими температурами по сравнению с 2020 г. Самая высокая температура за вегетационный период наблюдалась в июне и июле, в среднем по декадам составила 22 °С.

В 2022 г., как и в 2020, наблюдались резкие колебания температуры воздуха. 2022 г. оказался самым теплым. Температура воздуха на протяжении вегетационного сезона не опускалась ниже 10 °С. Самая высокая температура воздуха в 2022 г. составила 26 °С в конце июля.

В целом температурные условия лет исследования складывались достаточно благоприятно для роста и развития растений лилии.

Сроки наступления фазы цветения в значительной степени зависят от суммы положительных температур, которые составляют моменту ее начала более 1100 °С. Коэффициент корреляции составляет 0,97. Уравнение линейной регрессии выражается как $y = 11,65x + 1,08$, в котором y – сумма положительных температур, а x – дата наступления фазы цветения. В уравнениях регрессии дата начала фазы развития рассчитана как сумма чисел от первого месяца наступления положительных температур. В климатических условиях объекта исследования это 1 апреля.

Годы исследований отличались друг от друга и по количеству выпадавших осадков. Число дней с осадками по декадам вегетационных периодов 2020–2022 гг. представлено на рис. 3.

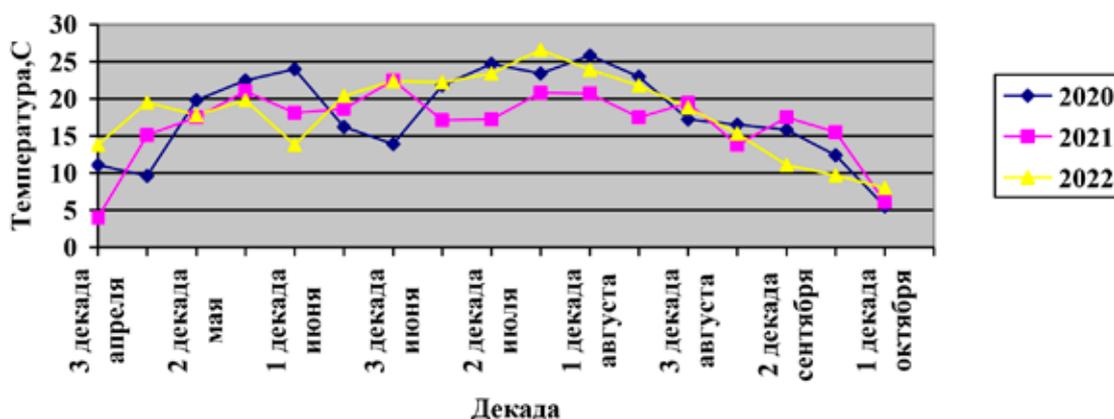


Рис. 2. Температура воздуха днем в среднем по декадам вегетационного периода 2020–2022 гг. (с третьей декады апреля по первую декаду октября)

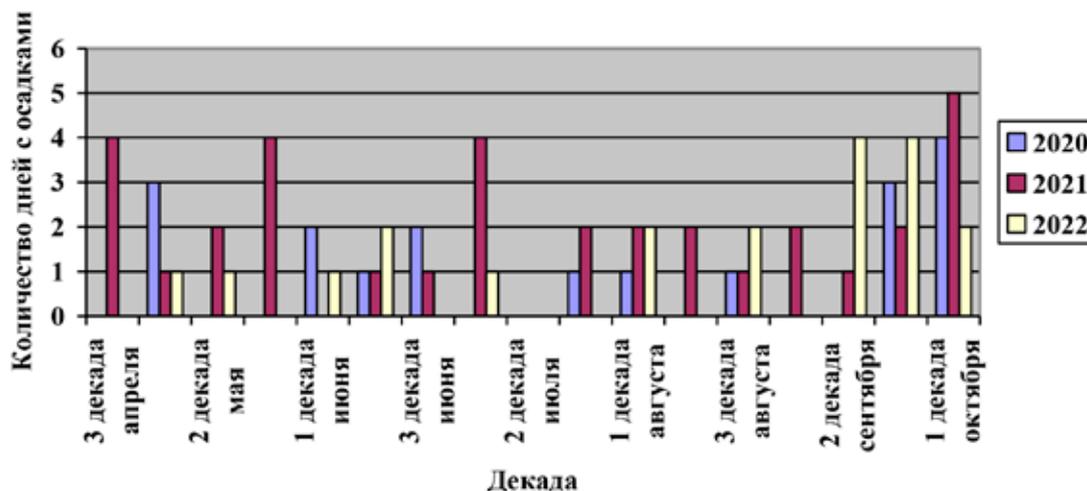


Рис. 3. Количество дней с осадками в среднем по декадам за три года исследований (с третьей декады апреля по первую декаду октября)

2020 г. по сравнению с другими годами исследования был довольно засушливым. В 2020 г. в начале мая выпало незначительное количество снега. Количество осадков было невелико (выпадали 1–2 раза в месяц). Самое большое количество дней с осадками было в июне (5 дней). Зато в июле их практически не было (1 день). В августе дожди шли в первой и третьей декаде по одному дню. Затем дожди начались лишь в конце сентября и октябре. Незначительное количество осадков могло неблагоприятно отразиться на росте, развитии и декоративности растений лилии.

2021 г. характеризовался частыми дождями и грозами. Самыми дождливыми месяцами были май и июль. В целом осадки выпадали более равномерно в течение вегетационного периода лилий, чем в 2020 и 2022 гг. Этот год благоприятно сказался на росте, развитии, цветении растений.

В 2022 г., как и в 2020 г, выпало небольшое количество осадков. В период с мая по июль их практически не было, что существенно повлияло на рост и развитие растений.

Сумма осадков также имеет тесную корреляцию с суммой выпавших осадков. Корреляционный коэффициент в данном случае равен 0,94. Регрессионная модель линейной зависимости выглядит следующим образом $y = 0,9838x + 9,95$, в котором y – сумма осадков, мм, а x – дата наступления фазы цветения.

Декоративность лилий во многом зависит от продолжительности периода цветения. Ежегодно отмечали сроки наступления

фенологических фаз у растений. При этом за начало фазы считали дату, когда в эту фазу перешло 25% растений на делянке, за полную фазу – дату, когда в фазу вступило 75% растений на делянке. Сведения о продолжительности и сроках цветения азиатских гибридов лилий сорта Аэлита представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сроки и продолжительность периода цветения лилий сорта Аэлита в условиях Вологодского района по годам исследования

Показатели	Годы исследований		
	2020	2021	2022
Начало цветения	25.07	21.07	13.07
Массовое цветение	05.08	31.07	26.07
Конец цветения	10.08	16.08	07.08
Продолжительность периода цветения, дней	16	26	25

Сроки наступления цветения и продолжительность периода цветения лилий сорта Аэлита в условиях учебно-опытного поля Вологодской ГМХА в 2020–2022 гг. различались.

Так, в 2020 г. начало цветения было отмечено 25 июля, продолжительность цветения в этом году была наименьшей за годы исследований и составила 16 дней, что может быть связано со стрессовым состоянием растений после пересадки, а также экстремальными погодными условиями вегетационного периода – резкими колебани-

ями температуры воздуха и малым количеством осадков. Лилии сорта Аэлита в 2020 г. в условиях Вологодского района полностью отцвели к 10 августа.

В 2021 г. лилии зацвели 21 июля. Этот год характеризуется наиболее благоприятными погодными условиями из трех лет изучения – достаточное количество тепла и осадков на протяжении всего вегетационного периода. Период цветения лилий сорта Аэлита был более продолжительным по сравнению с предыдущим годом, и длительность его составила 26 дней. К 16 августа отцвели все растения.

В 2022 г., по сравнению с предыдущими двумя годами, цветение растений началось значительно раньше (с 13 июля), возможно, причиной тому послужило малое количество осадков в течение мая и июня. Массовое цветение отмечалось 26 июля. Продолжительность фазы цветения составила 25 дней, что на 1 день меньше, чем в 2021 г. Окончание цветения растений было отмечено 7 августа.

По срокам цветения сорт относится к среднецветущим, так как начинает зацветать в конце июля. Цветение отмечено со второй декады июля по вторую декаду августа. Период цветения азиатских гибридов лилий сорта Аэлита в условиях Вологодской области в 2020–2022 гг. колебался от 16 до 26 дней.

Во второй и третий годы исследования во время фазы цветения было замечено такое явление, как цветение бульбочек на удлиненной части цветоносного побега (рис. 4).



Рис. 4. Цветение бульб (справа)

Бутоны и цветки окрашены в такой же цвет, что и у материнского растения. Строение, форма, число околоцветника подобны нормальным цветкам. Степень сформиро-

ванности цветков в бульбочках, которые расположены ниже по стеблю – слабее, чем у бульб, которые находятся выше. Данное явление не уникально.

Ежегодно во время фазы цветения оценивали декоративные качества лилий по количеству цветков в среднем на одно растение.

В первый год опыта (2020 г.) в среднем количество цветков в соцветии было равно шести. Цветение сравнительно с последующими годами исследования в 2020 г. было менее обильным, что может быть связано со стрессовым состоянием растений после пересадки.

В 2021 г. на взрослых растениях сформировалось в среднем 12,6 цветков на растение, что было примерно в 2 раза больше, чем в предыдущем году. В 2022 г. количество цветков лилий составляло 12,5 шт. на одно растение. Вероятно, этот признак мало зависит от погодных условий.

Согласно методике, предложенной А.Ю. Пугачевой, определили, что по комплексу декоративных признаков оценка растений сорта Аэлита, выращиваемых в условиях учебно-опытного поля ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА», в 2020–2022 гг. варьировала от 68 до 83 по 100-балльной шкале (табл. 3). Если при оценке декоративных признаков по 100-балльной шкале сорт получает оценку 80 баллов и выше, то он признается высокодекоративным [9].

При изучении декоративности азиатских гибридов лилий сорта Аэлита высокодекоративными можно считать растения, выращенные на учебно-опытном поле ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА» в 2021 и 2022 гг. (83 и 81 балл по 100-балльной шкале соответственно). Определяющими показателями высокой оценки декоративности в эти годы была высокая продолжительность цветения, общее количество цветков в соцветии и количество одновременно раскрытых цветков. Эти показатели напрямую связаны с погодными условиями лет исследования.

В 2020 г. оценка декоративности азиатских гибридов лилий сорта Аэлита в условиях Вологодской области была ниже и составила 68 баллов по 100-балльной шкале. Связано это с менее продолжительным периодом цветения, меньшим количеством цветков в соцветии и невысоким количеством одновременно раскрытых цветков. На снижение этих показателей могли повлиять как стресс растения после пересадки, так и малоблагоприятные погодные условия – перепады температуры воздуха и недостаточное количество осадков.

Таблица 3

Декоративная оценка лилий сорта Аэлита в условиях Вологодской области

Признак	Оценка по 5-балльной шкале	Переводной коэффициент	Оценка признака в 5-балльной /100-балльной шкале		
		h1	2020 год	2021 год	2022 год
Декоративные признаки					
Окраска цветка	5	3	3/9	3/9	3/9
Устойчивость окраски к выгоранию	5	1	4/4	4/4	4/4
Форма и направленность цветка	5	1	4/4	4/4	4/4
Размер цветка	5	2	4/8	4/8	4/8
Качество лепестков	5	2	3/6	4/8	4/8
Соцветие (форма, плотность, размер)	5	1	3/3	5/5	4/4
Количество цветков в соцветии	5	2	3/6	5/10	5/10
Количество одновременно раскрытых цветков	5	2	3/6	5/10	5/10
Генеративный побег (длина, прочность)	5	1	3/3	4/4	4/4
Длительность цветения	5	1	3/3	5/5	5/5
Аромат	5	1	5/5	5/5	5/5
Оригинальность	5	2	3/6	3/6	3/6
Общее состояние	5	1	4/4	5/5	4/4
Итого по 100-балльной шкале:			68	83	81

Выводы

1. Лилии сорта Аэлита относятся к группе средне- и поздноцветущих растений, начало цветения в 2020–2022 гг. наблюдается с 13 по 26 июля в зависимости от погодных условий, продолжительность цветения составляла от 16 (в 2020 г.) до 25–26 дней (в 2021–2022 гг. с более благоприятными погодными условиями). Окончание периода цветения в годы исследований в условиях Вологодской области наблюдалось в период с 07 по 16 августа.

2. В первый год опыта (2020 г.) в среднем количество цветков в соцветии было равно шести. Цветение сравнительно с последующими годами исследования в 2020 г. было менее обильным, что может быть связано со стрессовым состоянием растений после пересадки. В 2021 г. на взрослых растениях сформировалось в среднем 12,6 цветков на растение, что было примерно в 2 раза больше, чем в предыдущем году. В 2022 г. количество цветков лилий составляло 12,5 шт. на одно растение. Вероятно, этот признак мало зависит от погодных условий.

3. При оценке декоративных качеств растений по модификации методики государственного сортоиспытания, предложенной А.Ю. Пугачевой для лилий, пред-

назначенных для зеленого строительства, определили, что декоративность растений сорта Аэлита варьирует от 68 до 83 баллов по 100-балльной шкале. Высокодекоративными были растения в 2021 и 2022 гг., когда погодные условия позволили сформировать на растении количество цветков в среднем больше 12 шт. на соцветие и продолжительность цветения была значительно выше, чем в 2020 г.

Список литературы

1. Гамаева С.В., Крутоголовый А.Д. Перспективы использования многолетних цветочных культур в озеленении г. Уссурийска Приморского края // Аграрный вестник Приморья. 2021. № 3 (23). С. 68–72.
2. Федорова А.Ю., Ефремова Л.П. Декоративные признаки азиатских гибридов лилий в условиях Республики Марий Эл // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 1–1 (40). С. 24–26. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10006.
3. Мухина О.А. Отборные формы лилий из раздела VI. Гибриды Орлеанские на Юге Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 98–103.
4. Волкова Г.А., Скроцкая О.В. Коллекции красивоцветущих многолетних травянистых растений на Европейском Севере // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 69. С. 39–45. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-69-39-45.
5. Усова К.А., Салтыкова Т.С. Размножение *Lilium martagon* L. в условиях Вологодской области // Энтузиасты аграрной науки: сборник статей по материалам Международной конференции (Краснодар, 31 мая 2018 г.). / Отв.

за выпуск А.Х. Шеуджен. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. С. 254–259.

6. Пугачева Г.М., Соколова М.А., Мартынова В.В. Методика первичного сортоизучения лилий / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства им. И.В. Мичурина». Воронеж: Кварта, 2015. 14 с.

7. Мацнева А.Е. Методика сравнительной сортооценки декоративных культур // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 63–1. С. 14–18. DOI: 10.18411/lj-07-2020-04.

8. Ушаков М.В., Недосекина Т.В. Метод оценки температурных норм развития по данным фенологических наблюдений в природе // Экология. 2017. № 5. С. 331–338. DOI: 10.7868/S036705971705002X.

9. Методика государственного сортоиспытания декоративных культур / Министерство сельского хозяйства РСФСР. Гос. комис. по сортоиспытанию плодово-ягодных культур, винограда и цветочно-декоративных растений. М.: Изд-во М-ва сел. хоз-ва РСФСР, 1960. 182 с.

10. Рязанова Н.А., Путенихин В.П. Оценка декоративности кленов в Уфимском ботаническом саду. [Электронный ресурс]. URL: <http://xn--80aacn2csgej.xn--p1ai/wp-content/uploads/2014/10/Ryazanova-NA-Putenihin-VP.-Otsenkadekorativnosti-klenov-v-Ufimskom-botanicheskom-sadu.pdf> (дата обращения: 23.09.2023).

11. Савушкина И.Г., Сеит-Аблаева С.С., Сейтбуллаева Э.Ж. Методика оценки декоративности садовых форм туи западной (*Thuja occidentalis* L.) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2018. Т. 4 (70). № 4. С. 180–195.

12. Пашко А.Н., Савушкина И.Г. Оценка декоративности вечнозеленых и полувечнозеленых древесно-кустарниковых растений в условиях предгорного Крыма // Новости науки в АПК. 2019. № 1–2 (12). С. 151–156. DOI: 10.25930/FXPK-VM71.

13. Слепченко Н.А. Из опыта оценки декоративности мелколуковичных культур на примере крокусов // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 63. С. 146–154. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-63-146-154.

14. Слепченко Н.А. Оценка декоративности сортов *Iris sibirica* в условиях влажных субтропиков России // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2019. Т. 25. С. 211–214. DOI: 10.30679/2587-9847-2019-25-211-214.

15. Лисачев О. Оценка качества и декоративности травостоя смесей газонных трав в условиях Центральной зоны Курганской области // Наука в исследованиях молодежи – 2017: материалы студенческой научной конференции. Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2017. С. 36–38.

16. Пугачева А.Ю. К сортооценке гибридных лилий // Промышленная ботаника. 2006. № 6. С. 130–135.

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОПОВЫШЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ ЭКСКАВАТОРАМИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Ильинцев А.С., Наквасина Е.Н.

*Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск,
e-mail: a.ilintsev@sevniilh-arh.ru, nakvasina@yandex.ru*

При обработке почвы под лесные культуры микроповышениями с помощью экскаваторов необходимо учитывать региональные особенности почвенного покрова. Изучены 28 участков лесных культур 1–10-летнего возраста в черничном, брусничном, травяном, кисличном, долгомошном типах лесорастительных условий. Рассмотрены почвенные условия, строение микроповышений, физические свойства (влажность, плотность сложения, пористости общая и аэрации) в корнеобитаемой толще (0–20 см) в микроповышениях с турбированными почвами и на паше с нативными почвами. Региональной особенностью почвенного покрова в лесах Республики Коми является широкое распространение в качестве почвообразующих пород суглинков моренных и покровных, что обеспечивает близость к поверхности почвы тяжелых (средне- и тяжелосуглинистых) горизонтов. Эти горизонты захватываются тяжелым ковшом экскаватора и выносятся на поверхность микроповышений, покрывая турбированную смесь более легких горизонтов (лесная подстилка, элювиальный, иллювиальный горизонты). В результате верхний 20-сантиметровый слой микроповышений в 70 % случаев состоит из тяжелых по гранулометрическому составу нижних горизонтов почвы и по физическим свойствам (плотность и пористость) отличается от нативной почвы. Доля микроповышений с подобным выносом нижних горизонтов почвы в толщу распространения посаженных семян влияет на средние показатели значений физических свойств почв. С увеличением количества микроповышений с суглинками на поверхности наблюдается повышение плотности сложения, снижение пористости общей и пористости аэрации. Подобное строение микроповышений может ухудшать водно-воздушный и питательный режимы в зоне корней высаженных растений, снизить приживаемость и рост семян. Технология формирования микроповышений экскаваторами должна корректироваться в связи с региональными особенностями почвенного покрова. Возможно применение более легких ковшей.

Ключевые слова: лесные культуры, экскаваторы, микроповышения, строение, физические свойства почвы

CREATION OF SPOT MOUNDS AFTER TILLAGE BY EXCAVATORS FOR PLANTING FOREST CROPS IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE OF THE KOMI REPUBLIC

Ilintsev A.S., Nakvasina E.N.

*Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk,
e-mail: a.ilintsev@sevniilh-arh.ru, nakvasina@yandex.ru*

It is necessary to take into account the regional characteristics of the soil cover when soil mounding treatment using excavators to create forest crops. We studied 28 plots of forest crops 1–10 years old in *Myrtilus*, *Vaccinium*, *Herbosum*, *Oxalidosum*, and *Polytrichum* types of forest growing conditions. We examined soil conditions, the structure of spot mounds, physical properties (moisture, bulk density, total porosity and porosity of aeration) in the root–soil layer (0–20 cm) in spot mounds with disturbed soils and in cutting strip with native soils. A regional feature of the soil cover in the forests of the Komi Republic is the widespread use of moraine and cover loams as soil-forming parent soil, which ensures the proximity of coarse-textured (silt loams and clay loams) horizons to the soil surface. The heavy bucket of the excavator captures these horizons and transfers them to the surface of the spot mounds, covering a mixture of upper horizons (forest litter, eluvial, illuvial horizons). As a result, the upper 20-centimeter layer of mounds in 70 % of cases consists of coarse-textured soils of the lower soil horizons and physical properties (bulk density and porosity) differ from the native soil. The proportion of mounds similar lower soil horizons into the thickness of the spread of planted seedlings affects the average values of the physical properties of soils. With an increase in the number of mounds with loams horizons on the surface, there is an increase in the bulk density, a decrease in the total porosity and porosity of aeration. Such a structure of mounds can worsen the water-air and nutrient regimes in the root zone of planted plants, reduce the survival rate and growth of seedlings. The technology of the creating of spot mounds by excavators should be adjusted in connection with the regional characteristics of the soil cover. It is possible to use lighter buckets.

Keywords: forest crops, excavators, mounds, structure, physical properties of the soil

Дискретная (прерывистая) обработка почвы, в том числе созданием микроповышений с помощью экскаваторов при искусственном лесовосстановлении, широко применяется за рубежом [1, 2]. Ее пре-

имущества [3] вызвали большой интерес и в России, особенно их использование при создании микроповышений, что в определенных типах леса позволяет повысить приживаемость лесных культур [4, 5], особенно

при использовании посадочного материала с закрытой корневой системой.

Микроповышения (приподнятые посадочные места) состоят из перевернутой почвы и лесной подстилки и лежат на нарушенной почве. Они благоприятны для приживаемости и роста растений на свежих и влажных участках за счет лучшего прогрева, наличия в их толще органического вещества подстилки, оттока избыточной влаги [6]. Подготовка микроповышений при лесокультурном производстве не требует предварительной корчевки и является альтернативой плужной обработке почвы. Однако в этом случае оставшиеся на вырубке порубочные остатки, пни, камни могут привести к существенным различиям в качестве микроповышений. Этим различиям могут также способствовать почвенные условия, особенно глубина залегания почвообразующих пород, а также навыки работы экскаваторщика по глубине захвата почвы ковшем. Различия в строении микроповышений, участие в их сложении тяжелых по гранулометрическому составу нижних слоев почвы может изменить как химические, так и физические свойства корнеобитаемого слоя почвы, в котором будут укореняться посаженные сеянцы. Для успешного лесовосстановления рекомендуется принимать во внимание определение характеристик почвы в качестве важного показателя до или во время работ [7].

Изучение качества микроповышений в конкретных почвенно-лесорастительных условиях позволит провести корректировку технологических процессов и дать рекомендации по подготовке посадочных мест для повышения приживаемости и улучшения роста лесных культур.

Цель исследования – изучить строение и физические свойства в корнеобитаемом слое микроповышений, создаваемых экскаваторами при обработке почвы под лесные культуры в Республике Коми.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на 28 лесокультурных площадях в Двинско-Вычегодском таежном лесном районе в Койгородском, Сысольском и Прилузском лесничествах Республики Коми. По лесорастительному районированию территория исследований относится к подзоне средней тайги. Лесные культуры заложены в 2013–2023 гг. по общепринятым в регионе нормативам [8] на вырубках из-под ельников и сосняков черничного, брусничного, травяного, кисличного и долгомошного типов леса.

Обработка почвы на всех лесокультурных площадях была проведена тяжелыми экскаваторами с применением стандартного ковша объемом 0,8–1,1 м³ с созданием дискретных микроповышений шириной в среднем 1,1 м (от 0,6 до 1,6 м) и длиной 1,3 м (от 0,9 до 2,2 м). Расстояние между микроповышениями составляло от 1,0 до 3,0 м. Высота микроповышений, состоящих из переслоенных/перемешанных горизонтов захваченной ковшем экскаватора почвы составляла 5–60 см. Высаживали 1–3-летние сеянцы сосны и ели с закрытой корневой системой, применяя посадочные трубы Pottiputki. Густота культур не менее 2,0 тыс. шт. на 1 га.

При обследовании лесных культур закладывали учетные площадки размером 25 x 25 м, число которых зависело от площади вырубки. Кроме общепринятых показателей качества и роста лесных культур большое внимание уделено изучению почвенных условий в местах посадки растений, согласно принятым в почвоведении методам, применяемым в подобных исследованиях [9, 10].

На каждом участке лесных культур закладывали почвенный разрез, делали описание горизонтов почвенного профиля. Изучили физические свойства почвы в корнеобитаемом слое 0–20 см 10 микроповышений и 10 точек отбора на пасеке (в нарушенных техникой условиях) на каждом участке лесных культур. Образцы почвы отбирали с середины корнеобитаемого слоя с помощью металлического цилиндра с режущими краями (бура) объемом 52,78 см³ (диаметр 4,1 см, длина 4 см). В лабораторных условиях определили полевую влажность, плотность сложения, плотность твердой фазы, общую пористость и пористость аэрации почвы. Изучили детальное строение толщи 55 микроповышений с разделением ее на составляющие горизонты.

Для проверки исследуемых выборок на нормальность распределения оценили их статистические показатели и применили критерий Колмогорова – Смирнова. Для сравнения физических свойств между микроповышениями и участками, где не было обработки почв, применили t-критерий на 0,05 уровне вероятности. Для установления взаимосвязи между показателями применили коэффициент Ро Спирмана. Для установления доли прямых и обратных связей применили коэффициент корреляции Тау-b Кендалла. Все расчеты были проведены в программе SPSS 22 (IBM Inc., Armonk, NY, USA).

Результаты исследования и их обсуждение

В подзоне средней тайги Республики Коми, где проводились наши исследования, наиболее распространены почвы подзолистого типа почвообразования [11, с. 102], что и наблюдалось на изученных участках лесных культур. Текстурно-дифференцированные подзолистые почвы встречаются на 46% изученных площадей лесных культур, остальные были представлены альфегумусными подзолистыми (с микропрофилем подзола) и подбурами (скрытоподзолистыми), которые составляли 18 и 36% соответственно. В ряде случаев (долгомощные условия местообитания) отмечены признаки поверхностного оглеения.

Особенностью почв региона является их формирование на суглинистых моренных и покровных (пылеватых) суглинках [11, с. 29], что приводит к тому, что уже на глубине 30–40 см почвенного профиля наблюдается заметное увеличение содержания физической глины (частицы менее 0,01 см) до значений более 30%. Формируются горизонты со среднесуглинистым и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом [11, 12]. В нашем случае глубина залегания тяжелых по гранулометрическому составу горизонтов почвы, обозначенных нами ВС/С, составила от 32 до 85 см. Более чем в половине почвенных разрезов слои средних суглинков были на глубине менее 50 см и могли захватываться ковшом экскаватора и выноситься на поверхность микроповышений, участвуя в их строении. Более глубокое залегание средних суглинков было характерно для альфегумусных почв в хорошо дренированных условиях.

Захват почвы экскаватором достаточно изменчив. Высота микроповышений в культурах 1–5-летнего возраста значительно варьирует – от 10 до 60 см (в среднем 23,3 см). Однако через 5 лет после их создания микроповышение оседает, и переотложенная толща в культурах, созданных 6–10 лет назад, составляет от 5 до 28 см (в среднем 17,2 см). При этом толща переотложенных нижних средне- и тяжелосуглинистых горизонтов на поверхности микроповышений составляет до 80% от высоты микроповышения. Посадка семян ЗКС производится в толщу нижних неплодородных и тяжелых по гранулометрическому составу пород.

Изучение строения микроповышений, созданных экскаватором, показало, что в 69% случаев на их поверхность выносятся

средний/тяжелый суглинок нижних горизонтов почвы, более чем в половине случаев (40%) слой суглинка покрывает турбированный горизонт, состоящий из смеси или переслоенных горизонтов, составляющих верхние слои почвы (лесная подстилка, подзолистый, иллювиальный), имеющие более легкий гранулометрический состав. На участках подбуров, где подзолистый горизонт не выражен, формируются микроповышения, состоящие из смеси горизонтов В и ВС/С, имеющих близкий гранулометрический состав (средний суглинок). В ряде случаев (10%) элювиальный горизонт сохраняет свою толщину (2–3 см) и оказывается в нижней части смешанного горизонта, контактируя с лесной подстилкой исходной почвы. При более глубоком расположении почвообразующей породы экскаватор захватывает только горизонты элювиальный (2%) или иллювиальный (4%) или их смесь (17%), не вынося на дневную поверхность нижележащие тяжелые по гранулометрическому составу слои почвы. Однако по крайней мере в 70% случаев корнеобитаемый слой представлен нижними горизонтами почвы, имеющими достаточно тяжелый гранулометрический состав (средний и тяжелый суглинок), который отразится на физических и химических свойствах, необходимых для роста растений.

Сравнили физические свойства (табл. 1) в корнеобитаемом слое микроповышений и нативной почвы на пасаках, не затронутых антропогенными нарушениями при обработке почвы под лесные культуры. Наиболее выражены различия (на уровне 95%), обусловленные строением микроповышений, наблюдаются по влажности и общей пористости. Различия по плотности сложения доказаны на уровне 90%), однако также подтверждают тенденцию существования различий в физических свойствах микроповышений относительно нативной почвы.

Проанализировали влияние нижних средне- и тяжелосуглинистых горизонтов почвы, участвующих в строении микроповышений, созданных экскаваторами, на физические свойства в корнеобитаемом слое (0–20 см). По 10 точкам опробования для каждой лесокультурной площади (всего 280 микроповышений) установили количество (%) микроповышений, в которых в месте отбора образцов (середина толщи исследования) присутствовал горизонт ВС/С (средний или тяжелый суглинок).

Таблица 1

Средние значения физических свойств почвы в корнеобитаемой толще микроповышений и пасек ($t_{0,05} = 2,059$; $t_{0,1} = 1,701$; $n = 28$)

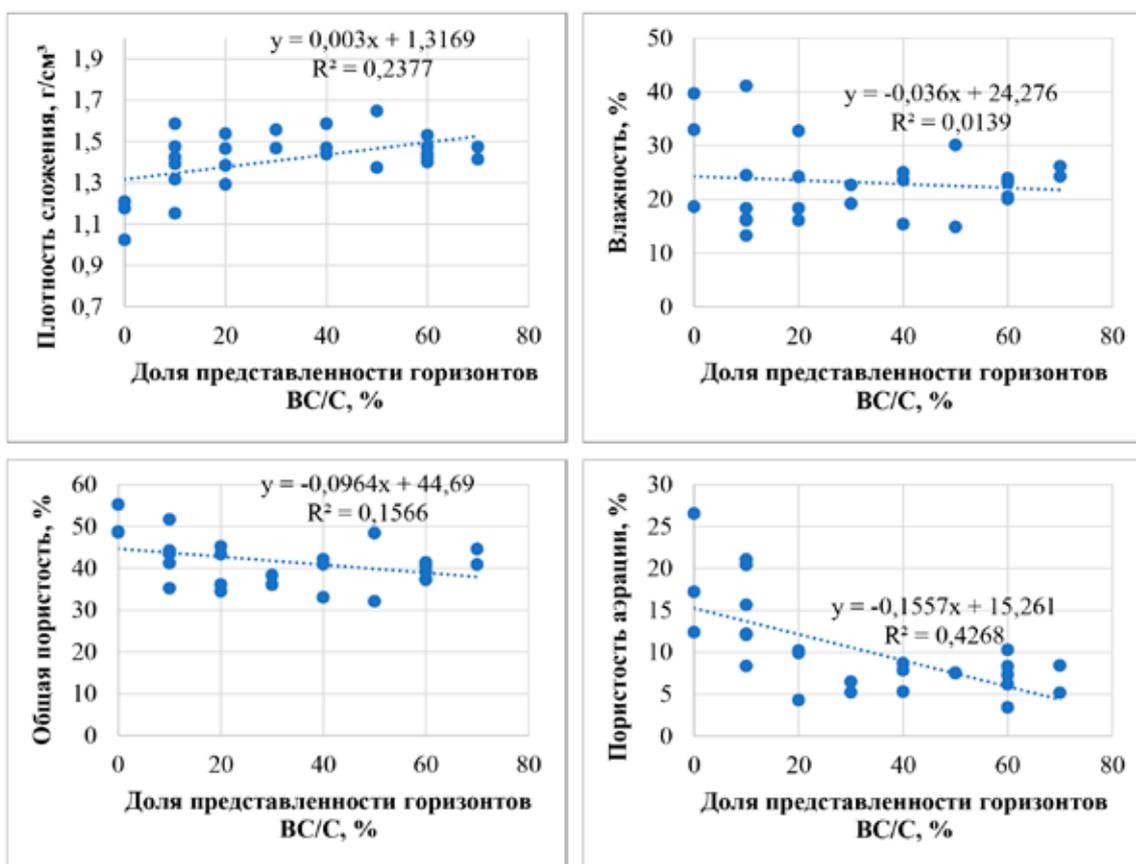
Показатель	Микроповышение	Пасека	Критерий Стьюдента
Плотность сложения, г/см ³	1,40 ± 0,041	1,28 ± 0,052	1,80*
Полевая влажность, %	23,3 ± 1,50	32,1 ± 3,30	2,45**
Плотность, г/см ³	2,41 ± 0,022	2,44 ± 3,300	0,91
Пористость общая, %	41,5 ± 1,70	47,2 ± 2,16	2,07**
Пористость аэрации, %	10,1 ± 1,90	9,5 ± 1,40	0,25

Примечание: * – достоверные различия на 10% уровне значимости; ** – достоверные различия на 5% уровне значимости.

Данные, представленные на рисунке, показывают четко заметные тенденции повышения среднего показателя плотности сложения и снижения общей пористости, особенно пористости аэрации, в середине корнеобитаемой толщи микроповышений, при увеличении доли посадочных мест с нали-

чием на их поверхности нижних горизонтов почвы, вынесенных ковшом экскаватора.

Данные закономерности подтверждаются статистически (табл. 2). Плотность сложения и общая пористость достоверны в 65% случаях (на уровне 0,05), а пористость аэрации – в 77% (на уровне 0,01).



Влияние доли нижних горизонтов (BC/C) на физические свойства почвы в толще корнеобитаемого слоя микроповышений, создаваемых экскаваторами

Таблица 2

Корреляционная связь частоты встречаемости нижних горизонтов с физическими свойствами почвы в корнеобитаемой толще микроповышений, подготовленных экскаваторами (N = 27).

Показатель	Коэффициенты	
	Тау-в Кендалла	Ро Спирмена
Влажность, %	0,045	0,036
Плотность сложения, г/см ³	0,318*	0,424*
Пористость общая, %	-0,300*	-0,421*
Пористость аэрации, %	-0,536**	-0,704**

Примечание. * – достоверно на уровне 0,05; ** – достоверно на уровне 0,01.

Данные показывают, что вынос нижних горизонтов почвы, имеющих средние и тяжелосуглинистый гранулометрический состав и расположенных в толще почв региона на глубине ниже 40 см, в верхнюю часть микроповышений, где расположен корнеобитаемый слой и место заглубления корней/стаканчиков ЗКС, может стать проблемой ухудшения приживаемости и роста сеянцев после посадки их на лесокультурную площадь. Физические свойства почвы во многом определяются генезисом почвообразующих пород и их гранулометрическим составом [13, с. 43]. Вынос нижних горизонтов почвы на место корнеобитаемого слоя изменит диапазон оптимума для обеспечения воздухом и влагой посаженных сеянцев, повлияет на обеспеченность элементами питания. Все это повлечет за собой снижение приживаемости посадочного материала, ухудшение роста сеянцев и скажется на качестве лесных культур.

Кроме того, наблюдается пестрота строения микроповышений, а следовательно, и свойств в зоне обитания корней высаженных сеянцев. Это будет увеличивать вариабельность роста лесных культур в посадочных местах. Немаловажно и то, что возрастает изменчивость свойств при определении средних значений для участка лесных культур при проведении исследований по оценке качества микроповышений и их соответствия условиям произрастания сеянцев сосны и ели.

Заключение

При подготовке микроповышений экскаватором для посадки лесных культур в Республике Коми имеется ряд региональных особенностей, связанных с характеристиками почвенного покрова. Одной из них является близость к дневной по-

верхности средне- и тяжелосуглинистых горизонтов почвы, что обусловлено как лессированием тонкодисперсных частиц при подзолистом типе почвообразования, так и формированием почв на суглинистых почвообразующих породах. Это приводит к значительному участию в строении микроповышений, особенно верхнего корнеобитаемого слоя (толщи 20 см), достаточно тяжелых пород нижних горизонтов почвы, что приводит к ухудшению физических свойств в местах распространения корней посаженных растений. Имеются достоверные тенденции в повышении плотности сложения, снижении общей пористости и пористости аэрации.

Подобные явления при обработке почвы под лесные культуры должны учитываться при подготовке машинистов-экскаваторщиков, чтобы снизить глубину захвата почвы ковшом и угрозу выноса нижних, достаточно тяжелых по гранулометрическому составу слоев почвы в корнеобитаемую толщу формируемых микроповышений. Возможно, следует применять более легкий, меньший по объему ковш экскаватора.

Список литературы

1. Nordin P., Olofsson E., Hjelm K. Successful spruce regenerations – impact of site preparation and the use of variables from digital elevation models in decision-making? // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2022. Vol. 37, Is. 1. P. 33–44. DOI: 10.1080/02827581.2022.2028895.
2. Uotila K., Luoranen J., Saksa T., Laine T., Heiskanen J. Long-term growth response of Norway spruce in different mounding and vegetation control treatments on fine-textured soils // *Silva Fennica*. 2022. Vol. 56, Is. 4. P. 1–20. DOI: 10.14214/sf.10762.
3. Алябьев А.Ф. Опыт создания культур ели при дискретной обработке почвы орудием ОДП-0,6 // *Лесной вестник*. 2015. № 6. С. 28–33.
4. Дебков Н.М. Опыт создания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2021. № 5. С. 192–200. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-192-200.

5. Мочалов Б.А. Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из семян с закрытыми корнями // Известия вузов. Лесной журнал. 2014. № 4. С. 9–18.
6. Варфоломеев Л.А., Сунгуров Р.В. Почвенная экология лесных культур на Севере. Архангельск, 2007. 291 с.
7. Perumal M., Wasli M.E., Ying H.S., Lat J., Sani H. Soil morphological and physicochemical properties at reforestation sites after enrichment planting of *Shorea macrophylla* in Sampadi Forest Reserve, Sarawak, Malaysia // Borneo J Resour Sci Technol. 2015. Vol. 5, Is. 2. P. 28–43. DOI: 10.33736/bjrst.220.2015.
8. Приказ Минприроды России от 29.12.2021 № 1024 «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» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409248/ (дата обращения: 25.07.2023).
9. Ильинцев А.С., Третьяков С.В., Наквасина Е.Н., Амосова И.Б., Алейников А.А., Богданов А.П. Влияние длительно-постепенных рубок в смешанных сосновых насаждениях на естественное лесовозобновление, живой напочвенный покров и некоторые свойства верхних горизонтов почвы // Лесотехнический журнал. 2017. № 3 (27). С. 85–99. DOI: 10.12737/article_59c225e4a23713.58019900.
10. Cambi M., Certini G., Neri F., Marchi E. Impact of heavy traffic on forest soils: a review. // Forest Ecology and Management. 2015. Vol. 338. P. 124–138. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.11.022.
11. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. 356 с.
12. Путеводитель научных почвенных экскурсий: VIII съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школа молодых ученых по морфологии и классификации почв «Почвы – стратегический ресурс России» (Сыктывкар – Воркута – Киров, 10–17 августа 2022 г.) / Под ред. Е.М. Лаптевой, А.А. Дымова, Д.А. Каверина. М. – Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022. 241 с.
13. Цырибко В.Б. Определение оптимальных параметров агрофизических свойств почв и оценка современного состояния на их основе // Почвоведение и агрохимия. 2016. № 1 (56). С. 36–44.

СТАТЬИ

УДК 502.51

DOI 10.17513/use.38098

**ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ И МИГРАЦИИ МЕДИ
В ВОДЕ РЕК ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА****Атабиева Ф.А., Отарова А.С.***ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, e-mail: atabieva0812@mail.ru*

Уровень содержания тяжелых металлов, являющихся веществами двойного генезиса, отражает особенности химического состава воды рек водосборных бассейнов. Поэтому знание концентраций тяжелых металлов в определенных водосборных бассейнах имеет большое значение при экологическом нормировании, так как отражает региональные особенности уровня содержания их в воде. В статье представлены данные по уровню содержания и миграции соединений меди в воде рек Центрального Кавказа (Малка, Баксан, Чегем, Урух, Терек, Нальчик, Куркужин, Лескен, Шалушка, Урвань). Измерения минерализации воды указанных рек проводились в среднем и нижнем течении с использованием портативного кондуктометра HANNA HI 991300. В стационарных условиях во всех отобранных пробах атомно-абсорбционным методом с использованием спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915М» определены концентрации растворенных форм соединений меди. Данные получены в ходе полевых исследований, проведенных в 2022 г. На основании полученных данных по минерализации воды рек и концентрации растворенных форм меди определены коэффициенты водной миграции. В воде рек с преобладанием ледникового питания значения коэффициента водной миграции изменяются в пределах от 0,20 до 0,58. Диапазон изменчивости коэффициента водной миграции в воде рек с преобладанием грунтового питания колеблется от 0,13 до 0,54. Вниз по течению коэффициент водной миграции уменьшается, что, очевидно, связано с изменением концентрации соединений меди и величины минерализации.

Ключевые слова: реки Центрального Кавказа, соединения меди, минерализация, коэффициент водной миграции

**INVESTIGATION OF THE LEVEL OF COPPER CONTENT AND MIGRATION
IN THE WATER OF THE RIVERS OF THE CENTRAL CAUCASUS****Atabieva F.A., Otarova A.S.***High Mountain Geophysical Institute, Nalchik, e-mail: atabieva0812@mail.ru*

The level of heavy metals, which are substances of dual genesis, reflects the peculiarities of the chemical composition of the water of the rivers of the catchment basins. Therefore, knowledge of the concentrations of heavy metals in certain catchment areas is of great importance in environmental regulation, as it reflects the regional characteristics of the level of their content in water. The article presents data on the level of content and migration of copper compounds in the water of the rivers of the Central Caucasus (Malka, Baksan, Chegem, Uruk, Terek, Nalchik, Kurkuzhin Lesken, Shalushka, Urvan). Measurements of the salinity of the water of these rivers were carried out in the middle and lower reaches using a portable conductometer HANNA HI 991300. In stationary conditions, concentrations of dissolved forms of copper compounds were determined in all samples taken by atomic absorption method using an electrothermal atomization spectrometer "MGA-915M". The data were obtained during field studies conducted in 2022. Based on the data obtained on the mineralization of river water and the concentration of dissolved forms of copper, the coefficients of water migration were determined. In the water of rivers with a predominance of glacial nutrition, the values of the coefficient of water migration vary from 0.20 to 0.58. The range of variability of the coefficient of water migration in the water of rivers with a predominance of ground nutrition ranges from 0.13 to 0.54. Downstream, the coefficient of water migration decreases, which is obviously due to changes in the concentration of copper compounds and the amount of mineralization.

Keywords: rivers of the Central Caucasus, copper compounds, mineralization, coefficient of water migration

В поверхностных водных объектах наиболее распространенными тяжелыми металлами являются Fe, Mn, Cu, Ni, Zn, Pb и их соли [1]. Уровень содержания тяжелых металлов, являющихся веществами двойного генезиса, отражает особенности химического состава воды рек водосборных бассейнов [2].

Знание этих особенностей имеет большое значение при экологическом нормировании, так как отражает региональные особенности уровня содержания их в воде. Истоки исследуемых рек Малка, Баксан, Чегем, Урух, Терек расположены в ледни-

ках Главного Кавказского и Бокового хребтов. Истоки рек Нальчик, Куркужин, Лескен, Шалушка, Урвань – на северных склонах Пастбищного и Лесистого хребтов [3]. На Главном Кавказском и Боковом хребтах почвообразующими породами чаще всего выступают продукты выветривания гранитоидов. В Скалистом и Меловом хребтах чаще всего представлены известняки [4]. Территория характеризуется высотной поясностью, которая способствует процессам выветривания и выщелачивания. В результате выщелачивания поверхностными

и подземными водами пород водосборных бассейнов происходит формирование определенного химического состава воды рек, часто с уровнем содержания соединений металлов, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК).

На уровень содержания растворимых форм тяжелых металлов и миграционные процессы в природных водах оказывают влияние такие факторы, как сезонность [5, 6], минерализация воды, температурный режим, кислотно-основные условия (рН) [7, 8].

Целью исследования является формирование представления о региональных особенностях уровня содержания соединений меди и интенсивности их миграции в воде рек Центрального Кавказа.

Результаты этих исследований могут быть основой для сравнительного анализа и прогнозирования поведения соединений меди в водотоках, подверженных антропогенному воздействию.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются р. Терек, Урух, Малка, Баксан, Черек, Чегем,

Нальчик, Куркужин, Лескен, Шалушка и Урвань. В Терек впадают р. Малка (Балык-Су), Урух, Лескен в 409, 453, 448 км от устья по левому берегу соответственно. Река Баксан (Азау) впадает в Малку в 26 км от устья по правому берегу. Реки Черек, Чегем впадают в Баксан в 6,1 и 33 км от устья по правому берегу соответственно [9]. У истоков в летний период р. Баксан, Малка, Терек, Чегем, Черек, Урух (рис. 1) имеют ледниковое питание, вниз по течению тип питания меняется. Пастбищный и Лесистый хребты значительно ниже Главного Кавказского хребта и не имеют современного оледенения. Поэтому в р. Нальчик, Лескен, Шалушка, Урвань, Куркужин, расположенных на северных склонах Пастбищного (Мелового) и Лесистого хребтов (рис. 1), преобладает подземное и грунтовое питание. Отбор проб воды проводится ежегодно сотрудниками испытательного лабораторного центра Высокогорного геофизического института при проведении полевых работ вдоль северного склона центральной части Большого Кавказа в постоянных створах (табл. 1).

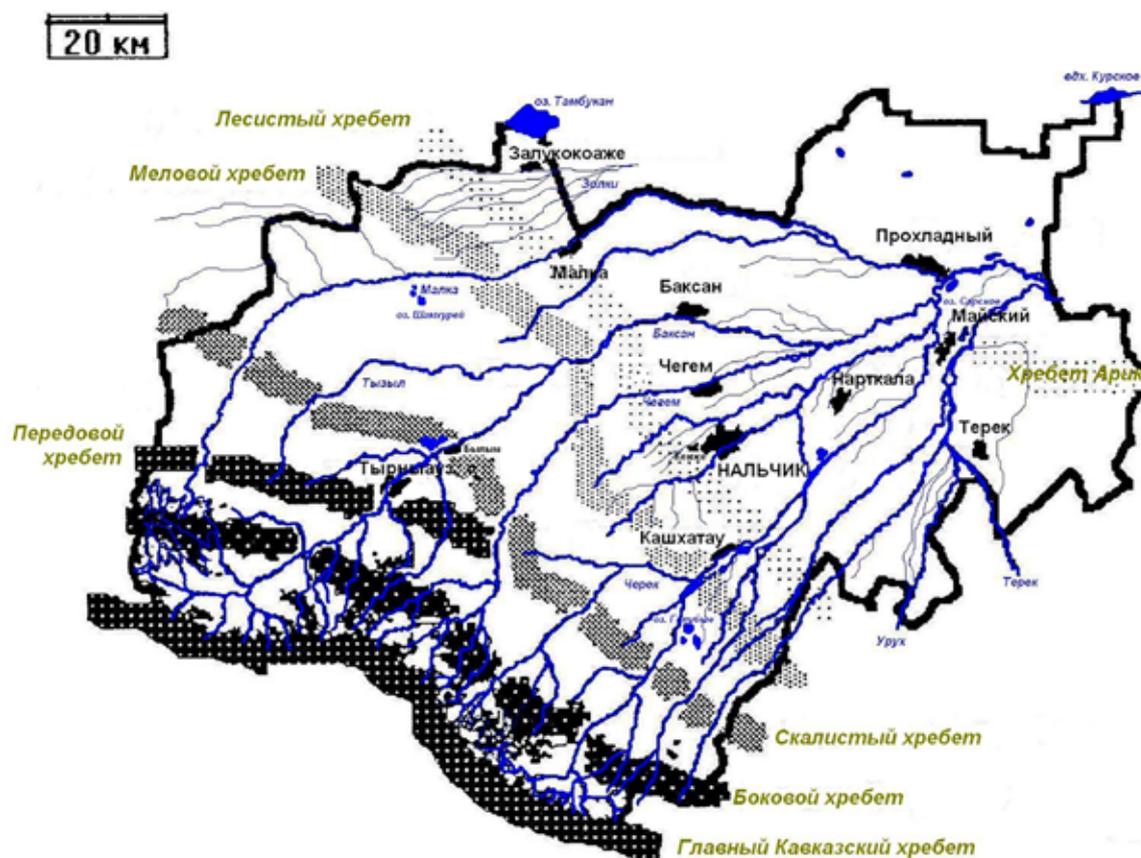


Рис. 1. Карта-схема хребтов северного склона Центрального Кавказа

Таблица 1

Пункты отбора проб воды рек
Центрального Кавказа, 2022 год

Водный объект	Расстояние от истока, км	Пункт отбора
1	2	3
Р. Малка	88	С. Малка
	190	Г. Прохладный
Р. Куркужин	40	С. Куба-Таба
	64	С. Карагач
Р. Баксан	100	С. Исламей
	169	Г. Прохладный
Р. Чегем	68	С. Лечинкай
	87	Г. Чегем-2
Р. Шалушка	20	С. Шалушка
	34	Пост ДПС, сады
Р. Нальчик	30	Г. Нальчик
	43	С. Нартан
Р. Урвань	15	Ост. «27 км ж.-д.»
	44	С. Ново-Ивановское
Р. Черек	54	Г. Кашхатау
	112	П. Октябрьский
Р. Лескен	38	С. Лескен
	61	Ст. Александровская
Р. Урух	76	С. Урух
	105	Ст. Александровская
Р. Терек	151	С. Эльхотово
	230	С. Хамидие

Створ I для каждой реки располагается в предгорной зоне (среднее течение), а створ II – в равнинной части (нижнее течение). Высота водосборов в среднем те-

чении составляет 700 м над уровнем моря, в нижнем течении – 200 м. В 2022 г. отборы проб воды проведены 7 раз (в зимнюю межень, во время половодья – на подъеме, пике и спаде; при прохождении дождевого паводка и осенью) [3].

При отборе проб воды фиксируются температура воздуха, воды, прозрачность, водородный показатель и минерализация. Концентрацию растворенных форм соединений меди определяли атомно-абсорбционным спектрометром «МГА-915М» по методике «ПНД Ф 14.1:2.253-09. Измерение минерализации, электропроводности и водородного показателя проводили с использованием портативного кондуктометра HANNA (HI 991300).

Результаты исследования и их обсуждение

Соединения меди относятся к веществам двойного генезиса, т.е. содержащиеся в воде за счет как естественных, так и антропогенных факторов.

Как в воде рек с преимущественно ледниковым питанием (рис. 2), так и в воде рек с преобладанием грунтового питания (рис. 3) концентрации меди достигают максимума в марте и мае. Концентрации, отмеченные в феврале и июле, значительно ниже осенне-весенних значений.

Следует отметить, что выше створов I для рек с преобладанием ледникового питания отсутствуют промышленные и сельскохозяйственные предприятия и небольшие населенные пункты единичны, за исключением пункта р. Баксан – с. Исламей. В верховьях реки расположены Тырныаузский горно-обогатительный комбинат (давно консервирован) и хвостохранилище.

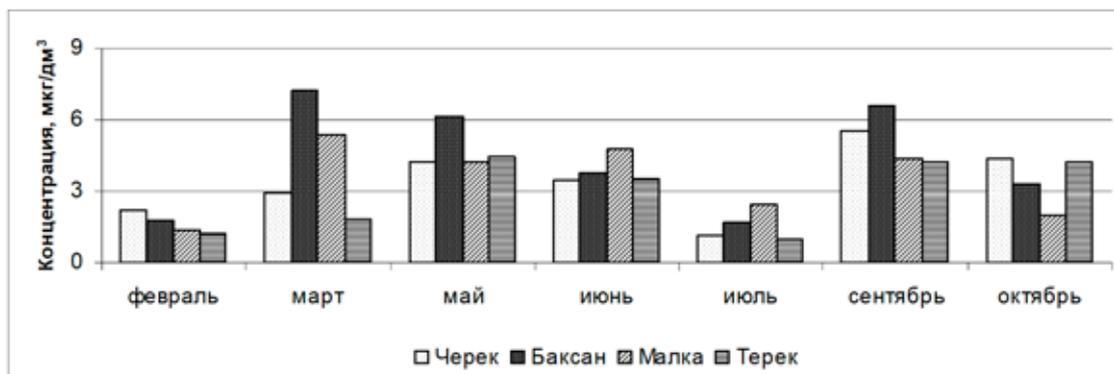


Рис. 2. Концентрация меди в реках с преимущественно ледниковым питанием в среднем течении

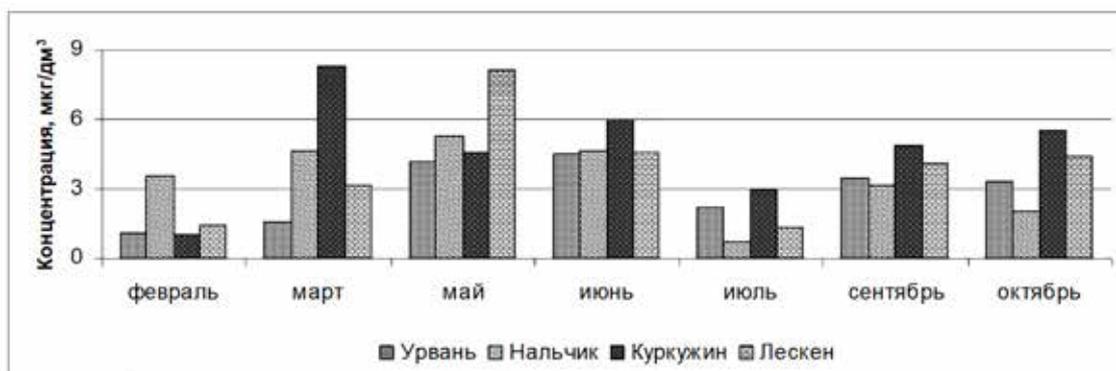


Рис. 3. Концентрация меди в реках с преимущественно грунтовым питанием в среднем течении

В основном промышленных источников загрязнения не имеется, сельскохозяйственные предприятия отсутствуют, населенные пункты единичны, но концентрации меди во всех пунктах отбора превышают ПДК для рыбохозяйственных водоемов (табл. 2), что свидетельствует о природном происхождении меди в воде исследуемых рек.

В воде рек с преобладанием ледникового питания (Малка, Чегем, Черек, Урух, Баксан и Терек) (табл. 2) вниз по течению наблюдается увеличение концентраций меди, за исключением р. Баксан и Терек, в воде которых концентрация уменьшается незначительно: от 3,43 до 3,27 мкг/дм³ и от 2,70 до 2,37 мкг/дм³ соответственно.

В воде рек с преобладанием грунтового питания (Нальчик, Лескен, Шалушка, Урвань, Куркужин) – уменьшение, за исключением р. Нальчик, где концентрация меди незначительно повысилась – от 3,04 до 3,48 мкг/дм³. Возможно, в воде ледниковых рек миграция меди происходит более интенсивно, чем в воде рек с преобладанием грунтового питания, в которых, очевидно, происходит осаждение взвешенного материала и аккумуляция его в донных отложениях. Для определения интенсивности водной миграции меди по уравнению Перельмана [10, с. 97] был рассчитан коэффициент водной миграции (K_m) (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Средние значения концентраций меди, диапазоны изменчивости, минерализация и коэффициент миграции в воде рек с преобладанием ледникового питания в среднем и нижнем течениях в 2022 году

Среднее течение				Нижнее течение			
X_{cp} , мг/дм ³	$X_{min}-X_{max}$, мкг/дм ³	M_{cp} , мг/дм ³	$K_{мигр}$	X_{cp} , мг/дм ³	$X_{min}-X_{max}$, мкг/дм ³	M_{cp} , мг/дм ³	$K_{мигр}$
р. Чегем							
0,00208	0,10–3,96	157,9	0,28	0,00327	0,75–5,72	156	0,45
р. Урух							
0,00275	0,95–5,23	101,4	0,58	0,00329	0,69–6,36	183	0,38
р. Баксан							
0,00343	1,27–6,14	239,6	0,30	0,00327	0,84–7,25	222,4	0,31
р. Черек							
0,00246	0,47–4,22	229,1	0,23	0,00334	1,15–5,55	250,6	0,29
р. Малка							
0,00287	1,08–4,36	303	0,20	0,00315	0,66–5,38	238,7	0,29
р. Терек							
0,00270	1,0–4,47	211	0,27	0,00237	0,63–4,24	231,1	0,22

Примечание: жирным шрифтом выделено превышение ПДК.

Таблица 3

Средние значения концентраций меди, диапазоны изменчивости, минерализация и коэффициент водной миграции в воде рек с преобладанием грунтового питания в среднем и нижнем течениях в 2022 году

Среднее течение				Нижнее течение			
$X_{\text{ср}}$, мг/дм ³	$X_{\text{min}}-X_{\text{max}}$, мкг/дм ³	$M_{\text{ср}}$, мг/дм ³	$K_{\text{мигр}}$	$X_{\text{ср}}$, мг/дм ³	$X_{\text{min}}-X_{\text{max}}$, мкг/дм ³	$M_{\text{ср}}$, мг/дм ³	$K_{\text{мигр}}$
р. Нальчик							
0,00304	0,70–4,66	210,83	0,31	0,00348	1,75–5,27	198,17	0,38
р. Урвань							
0,00271	1,12–4,48	312,14	0,18	0,00213	0,50–3,44	331,14	0,13
р. Лескен							
0,00356	0,84–8,14	154,14	0,50	0,00247	0,74–4,43	147,86	0,32
р. Шалушка							
0,0043	1,60–9,57	170,71	0,54	0,00253	0,99–3,82	139,86	0,38
р. Куркужин							
0,00437	1,04–8,30	323,5	0,29	0,0025	0,50–6,02	358	0,15

Примечание: жирным шрифтом выделено превышение ПДК.

В реках с преобладанием ледникового питания максимальный коэффициент водной миграции меди выявлен в воде р. Урух (0,58) в среднем течении. В воде рек с преобладанием грунтового питания максимальный коэффициент водной миграции наблюдается в р. Лескен и Шалушка – 0,50 и 0,54 соответственно, также в среднем течении.

В основном вниз по течению коэффициент водной миграции уменьшается, что может быть связано с изменениями концентрации соединений меди и величины минерализации. Чем ниже значение $K_{\text{м}}$, тем меньше интенсивность перемещения элемента в водном потоке. Изменчивость $K_{\text{м}}$ в реках с преобладанием ледникового питания варьируется в диапазоне 0,20–0,58. В воде рек с преобладанием грунтового питания $K_{\text{м}}$ изменяется от 0,13 до 0,54.

Данные по уровню содержания соединений меди, минерализации и коэффициента миграции в среднем и нижнем течениях рек представлены в табл. 2 и 3.

В воде рек с преобладанием ледникового питания значения коэффициента водной миграции изменяются в пределах от 0,20 до 0,58. Диапазон изменчивости коэффициента водной миграции в воде рек с преобладанием грунтового питания колеблется от 0,13 до 0,54.

Заключение

В воде всех исследованных рек концентрация соединений меди превышает зна-

чения ПДК_{рх}, что объясняется в основном влиянием природного фактора.

Анализ коэффициента водной миграции показывает, что в слабощелочных водах (рН от 7,1 до 8,4) изучаемой территории наиболее интенсивная миграция наблюдается в воде р. Урух, Шалушка и Лескен в среднем течении, где коэффициенты водной миграции равны 0,58; 0,54 и 0,50 соответственно. Согласно геохимической классификации водных мигрантов по Перельману соединения меди в воде исследуемых рек относятся к классу слабо подвижных. Результаты этих исследований могут быть основой для разработки нормативов качества воды с учетом региональных особенностей водосборов, но для этого необходимы данные за более длительный период, поэтому исследования уровня содержания тяжелых металлов в указанных реках продолжаются.

Список литературы

1. Mazhayskiy Yu., Chernikova O., Karpov A., Miseckaitė O. Influence of agrochemical rehabilitation on the heavy metal migration to the water // AGROFOR International Journal. 2017. Vol. 2, Is. 1. P. 83–90.
2. Янин Е.П., Кузьмич В.Н., Иваницкий О.М. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2016. № 6. С. 3–72.
3. Атабиева Ф.А., Отарова А.С. Содержание тяжелых металлов в воде рек Центрального Кавказа (бассейн реки Терек) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 3. С. 89–101. DOI: 10.35567/19994508_2023_3_6.

4. Фиапшев Б.Х. Почвы Кабардино-Балкарской АССР (генетические особенности, география и хозяйственное использование): автореф. ... дис. докт. биол. наук. Ростов-на-Дону, 1975. 54 с.
5. Ткаченко О.В., Ткаченко А.Н., Лычагин М.Ю. Содержание тяжелых металлов в водных объектах дельты Дона: сезонная и пространственная динамика // Геология, география и глобальная энергия. 2016. № 2 (61). С. 76–84.
6. Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П., Таловская В.С., Ри Т.Д. Пространственно-временная изменчивость содержания растворенных форм микроэлементов в водах реки Амур // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 3. С. 336–347.
7. Давыдова О.А., Коровина Е.В., Ваганова Е.С. и др. Физико-химические аспекты миграционных процессов тяжелых металлов в природных водных системах // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Химия». 2016. Т. 8, № 2. С. 40–50.
8. Александрова А.Б., Иванов Д.В., Маланин В.В., Шурмина Н.В., Галияхметова Л.К., Богданова О.А. Показатели накопления и миграции тяжелых металлов в бассейне равнинного водохранилища // Геология, география и глобальная энергия. 2020. № 4 (79). С. 126–133.
9. Государственный водный реестр. [Электронный ресурс]. URL: <https://textual.ru/gvr/>, свободный (дата обращения: 08.06.2023).
10. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М., 1999. 610 с.

УДК 504.75:91

DOI 10.17513/use.38099

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ МЕТАГЕОСИСТЕМ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ)

Зарубин О.А., Рычкова О.В., Агеева А.Р.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: oleg-zarubin@list.ru

Статья посвящена актуальным вопросам геоэкологического зонирования метагеосистем культурного ландшафта на основе планирования зон экологического равновесия и хозяйственного каркаса. Авторами предложена методика геоинформационного картографирования геоэкологического состояния метагеосистем. В качестве базовой информационной модели использована региональная ГИС «Мордовия». Для целей исследования узловой модуль ГИС «Электронная ландшафтная карта», позволяющий структурировать геосистемы на различных уровнях типологической классификации, был развит в контексте проектирования серии карт и баз данных по расчету морфометрических ландшафтных показателей, геоэкологическому анализу процессов хозяйственного освоения (прежде всего селитебных и сельскохозяйственных), моделированию экологического каркаса. Предложенные в работе подходы к зонированию апробированы на примере модельного региона – северной лесостепи западных склонов пластово-ярусной Приволжской возвышенности и краевой части лесных геосистем пластовой Окско-Донской низменности в границах Мордовии. Предложенная модель поляризации метагеосистем культурного ландшафта включает в себя планирование зон экологического равновесия и зон хозяйственного каркаса разных порядков для целей минимизации деструктивных процессов и обеспечения устойчивого развития региона. Внедрение предложенного подхода на практике позволит усовершенствовать методику каркасного подхода, установленную современным законодательством при разработке схем территориального планирования.

Ключевые слова: функциональное геоэкологическое зонирование, метагеосистемы, геоинформационные системы, экологический каркас, хозяйственный каркас

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00651 (<https://rscf.ru/project/22-27-00651/>).

FUNCTIONAL GEOECOLOGICAL ZONING OF REGIONAL METAGEOSYSTEMS (BY THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF MORDOVIA)

Zarubin O.A., Rychkova O.V., Ageeva A.R.

Ogarev National Research Mordovia State University, Saransk, e-mail: oleg-zarubin@list.ru

The article is devoted to topical issues of geoeological zoning of cultural landscape metageosystems based on the planning of zones of ecological balance and economic framework. The authors proposed a method for geoinformation mapping of the geoeological state of metageosystems. The regional GIS «Mordovia» was used as a basic information model. The nodal module of the GIS «Electronic Landscape Map» allows structuring geosystems at various levels of typological classification. The module was developed for research purposes in the context of designing a series of maps and databases for calculating morphometric landscape indicators, geoeological analysis of economic development processes (primarily residential and agricultural), and modeling the ecological framework. The approaches to zoning proposed in the paper were tested on the example of a model region – the northern forest-steppe of the western slopes of the layered-tier Volga Upland and the marginal part of the forest geosystems of the layered Oka-Don lowland within the boundaries of Mordovia. The proposed polarization model of cultural landscape metageosystems includes the planning of zones of ecological balance and zones of the economic framework of different orders in order to minimize destructive processes and ensure sustainable development of the region. Implementation of the proposed approach in practice will improve the methodology of the frame approach in modern legislation in the development of territorial planning schemes.

Keywords: functional geoeological zoning, metageosystems, geoinformation systems, ecological framework, economic framework

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-27-00651 (<https://rscf.ru/project/22-27-00651/>).

Планирование устойчивого развития регионов и муниципальных образований различного иерархического ранга исходит из принципов оптимизации пространственного взаимодействия природы, населения и хозяйства, планирования истинно куль-

турных ландшафтов. В отечественной практике на решение данной задачи с разной степенью проработки были направлены, например, механизмы районной планировки, проектирования территориальных комплексных схем охраны природы, а также

закрепленные в современном законодательстве процедуры территориального планирования, градостроительного зонирования.

В современных условиях объективные тенденции цифровизации должны способствовать поиску решений узловой проблемы оптимальной пространственной организации метагеосистем, что во многом основано на положениях законодательного поля. На настоящем этапе в Российской Федерации актуальность задачи внедрения цифровых технологий в практику высокоэффективного управления территориями исходит из ряда стратегических документов. Так, отдельные механизмы устанавливаются «Стратегией пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г.». Несмотря на дискуссию представителей экспертного сообщества [1–3 и др.], отметим, что в ней закрепляются важные перспективные направления пространственного развития страны: совершенствование цифровых инфраструктур пространственных данных в сфере земельных ресурсов и объектов недвижимости, расширение применения цифровых технологий в управлении транспортной инфраструктурой и др.

Выполнение данных установок основано на использовании новых подходов к работе с геоданными. К числу таких приоритетов в «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» отнесены переход к передовым цифровым технологиям, создание систем обработки больших объемов данных. Значительное внимание процессам цифровой трансформации отводится в положениях Указа Президента России от 07.05.2018 г. № 204 и Указа Президента России от 21.07.2020 г. № 474. В них признается принципиальная важность внедрения «цифры» для реализации передовых подходов к модернизации инфраструктуры, систем природопользования, планирования селитебных территорий и др.

Очевидно, что решение управленческих задач пространственного развития на региональном уровне напрямую связано с использованием геоинформационных систем для обработки больших массивов разнородных геоданных о природе, населении и хозяйстве, локальных и региональных геоэкологических проблемах, структуре землепользования с целью проектирования цифровых моделей метагеосистем и выделения зон экологического равновесия и хозяйственного каркаса.

Цель исследования – разработка предложений по геоэкологическому зонированию метагеосистем культурного ландшафта региона на основе их функциональной поляризации.

Материалы и методы исследования

В геоэкологических исследованиях одним из основных подходов к оптимизации территориального развития является управление территориальной дифференциацией [4], принципы которой в контексте процессов территориального планирования фактически содержатся в приказе Минрегиона России от 19.04.2013 г. № 169. Документом устанавливаются подходы к планированию «системы каркасов территории», рассмотрена концепция «идеальной модели» пространственного развития региона на основе проектирования экономического, социального и экологического каркасов.

Научной основой каркасного подхода в методике, предложенной Минрегионом России и реализуемой в документах территориального планирования в регионах и муниципалитетах, является идея поляризованной биосферы, развиваемая в работах Б.Б. Родомана [5]. Ее суть заключается в обеспечении такой пространственной организации метагеосистем культурного ландшафта, при которой предусматривается выделение территориальных единиц – полюсов, характеризующихся различными функциональными назначениями и режимами природопользования. К таким дистанцированным разнофункциональным полюсам относятся зоны экологического равновесия и хозяйственного каркаса.

Тематика каркасного подхода является одной из наиболее частых в геоэкологических исследованиях последних лет при решении задач сохранения биоразнообразия и оптимизации сети природоохранных территорий [6], пространственного планирования устойчивых агрогеосистем [7] и урбоэкологических систем [8], информационного обеспечения комплексного социально-экономического развития регионов [9] и др.

В работе раскрывается пример зонирования модельного региона – северной лесостепи западных склонов Приволжской возвышенности и краевой части лесных геосистем Окско-Донской низменности в границах Мордовии. Информационной основой послужила региональная ГИС «Мордовия».

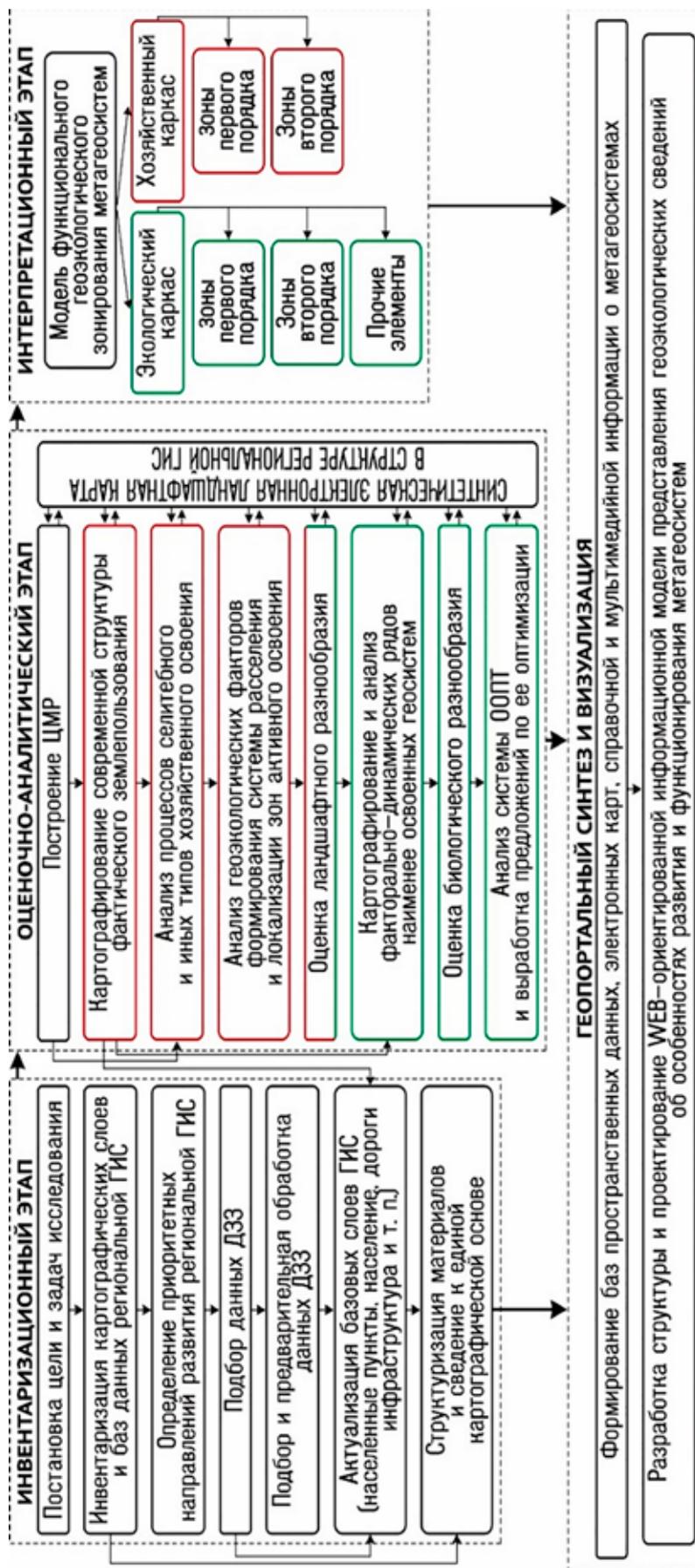


Рис. 1. Этапы функционального геоэкологического зонирования метагеосистем региона [11]

Интегральным модулем региональной ГИС позиционируется синтетическая электронная ландшафтная карта, разработанная под руководством А.А. Ямашкина [10, с. 109–136], которая позволяет благодаря идентификаторам, привязанным к отдельным выделам, структурировать геосистемы с учетом широко используемой в ландшафтных работах типологической классификации В.А. Николаева.

Решение задач функционального геоэкологического зонирования метагеосистем основывалось на проведении работ на четырех этапах (рис. 1), наиболее сложным из которых является оценочно-аналитический. Ключевые задачи данного этапа сводятся к тематическому геоинформационному картографированию метагеосистем, расчету различных цифровых параметров (расселения населения, размещения населенных пунктов, структуры землепользования, биологического разнообразия, ландшафтных метрик и др.), анализу геоэкологических факторов и ограничений, определяющих закономерности развития различных типов хозяйственного освоения.

В основе проектирования и анализа структурных элементов экологического каркаса заложено моделирование метрик ландшафтного разнообразия и уникальности; анализ факторально-динамических рядов геосистем, оценка ареалов распространения редких и исчезающих видов растений; анализ динамики изменения лесистости на основе сопоставления разновременных картографических материалов и результатов дешифрирования космических снимков Landsat, доступных на территории региона с 1980-х гг.; расчете вегетационных индексов фитомассы; анализ остроты проявления деструктивных геоэкологических процессов; анализ структуры региональной сети природоохранных территорий и др.

При обосновании хозяйственного каркаса решены задачи анализа общих закономерностей исторического процесса хозяйственного освоения региона; геоинформационного картографирования структуры землепользования, сельскохозяйственной освоенности, процессов расселения населения, размещения населенных пунктов разной людности, ключевых геоэкологических факторов развития селитебных процессов и др.

Результаты исследования и их обсуждение

Опыт проведенных исследований показал, что опорные оси хозяйственного карка-

са базируются исходя из локализации высоких показателей плотности размещения населенных пунктов в зонах контрастных ландшафтных границ. Вместе с тем самые высокие показатели селитебных процессов регистрируются в лугово-степных геосистемах и в смежных с ними долинах крупных рек. Этот тезис подтверждают результаты геоинформационного моделирования современных селитебных процессов: для лугово-степных геосистем регистрируются наибольшее количество (509 ед.; более 40% от общего их числа в регионе) и плотность поселений (0,07 ед./км²), доля по отношению к другим типам геосистем поселений с численностью более 1000 чел. (почти 7%), суммарная численность (более 157 тыс. чел.) и плотность населения (более 25 чел./км²), средняя людность поселений (более 313 чел.) [11; 12]. В луговых степях и смежных с ними надпойменных террасах локализуются городские и сельские населенные пункты с высокой людностью и связанные с ними высокопродуктивные агрогеосистемы.

С учетом перечня геоэкологических факторов и ограничений выделены структурные элементы хозяйственного каркаса (рис. 2), характеризующиеся относительно высокими показателями развития исторически сложившихся селитебных процессов, сельскохозяйственного освоения и низкой лесистостью. Основными ограничениями развития метагеосистем хозяйственного каркаса являются локальное загрязнение компонентов окружающей среды и истощение ресурсов подземных вод. Наиболее характерны данные процессы для Саранско-Рузаевской, Ковылкинско-Краснослободской и Ардатовско-Чамзинской зон первого порядка.

На основе анализа ландшафтной структуры региона, сложившейся системы фактического землепользования, расчета ландшафтных метрик, оценки биоразнообразия была предложена схема экологического каркаса региона, представленная комплексом взаимосвязанных средостабилизирующих зон экологического равновесия (рис. 3).

В основе формирования зон первого порядка позиционируются прежде всего территории с невысокими показателями развития селитебных процессов, сельскохозяйственного использования; при интенсификации их хозяйственного освоения возможна активизация деструктивных экзогенных процессов. Результаты геоэкологического анализа показали, что это ландшафты смешанных лесов водно-ледниковых равнин.

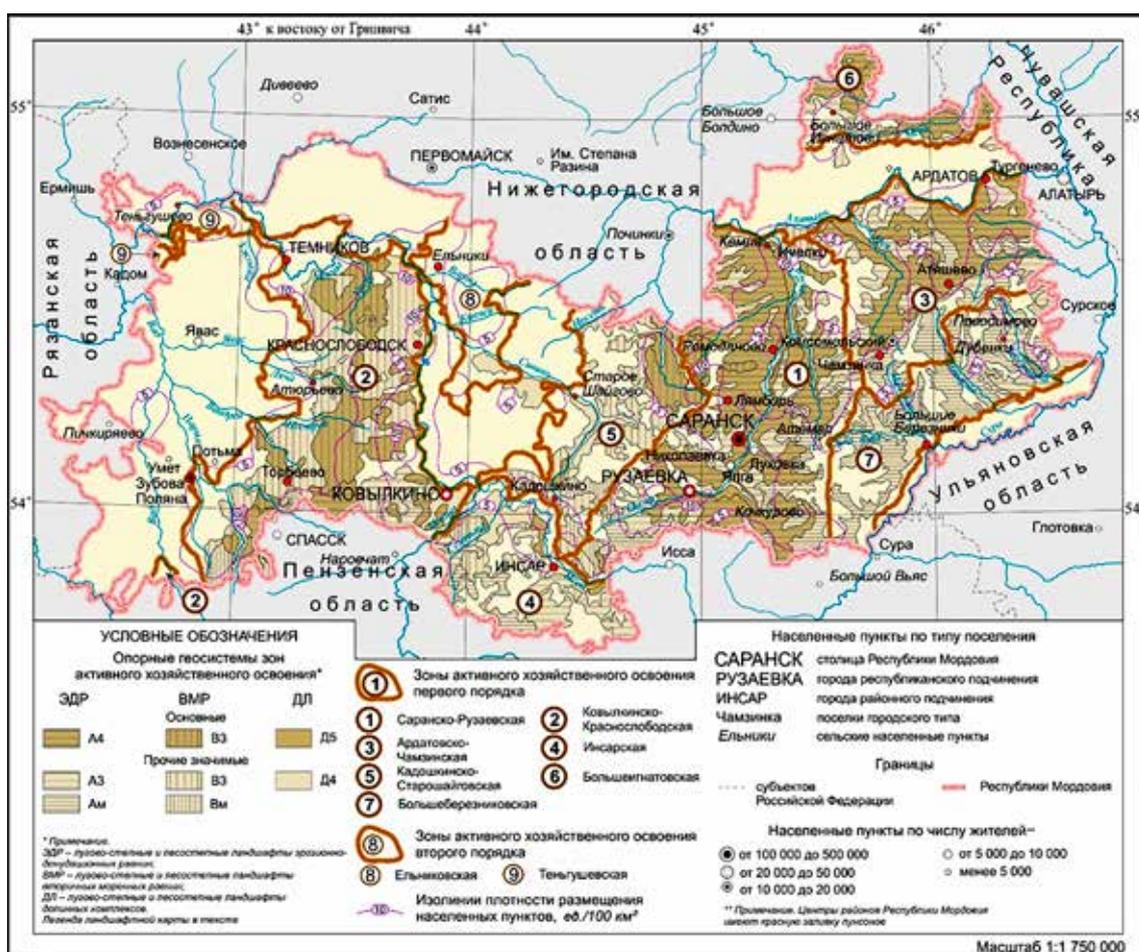


Рис. 2. Схема хозяйственного каркаса (индексы геосистем приведены по [10, с. 109–136])

Останцово-водораздельные массивы эрозивно-денудационных равнин и приводораздельные пространства вторичных моренных равнин являются пространственным базисом для формирования зон экологического равновесия второго порядка. Основные ограничения связаны с низким плодородием почв, развитием экзогенных процессов. Развитие поселений существенно зависит от морфологических параметров геосистем, запасов подземных артезианских вод. Территории, рекомендуемые под зоны второго порядка, характеризуются ландшафтной раздробленностью: лесные участки останцово-водораздельных массивов и приводораздельных пространств чередуются с довольно крупными массивами сельскохозяйственных угодий. Вследствие этого предложена система экокоридоров, направленных на обеспечение связи между крупноареальными элементами.

Суммарная площадь существующей системы ООПТ составляет немногим менее

3% от площади региона. Если рассматривать ООПТ, локализованные в зонах экологического равновесия, то они занимают более 9% от общей площади таких зон. Однако проведенный анализ закономерностей распространения растений по факторально-динамическим рядам геосистем и данные исследований биологов Мордовии [13] показали, что многие ареалы распространения редких и исчезающих видов растений остаются вне границ действующих природоохранных территорий, целесообразно оптимизировать данную систему с учетом данных факторов и ландшафтных метрик, свидетельствующих о разнообразии и об уникальных пространственных сочетаниях геосистем. Предложенная сеть природоохранных территорий, занимающая около 5% территории региона (более 1,3 тыс. км²), будет выполнять задачи по охране биоты, уникальных участков с высоким ландшафтным разнообразием, регламентации земле- и природопользования.

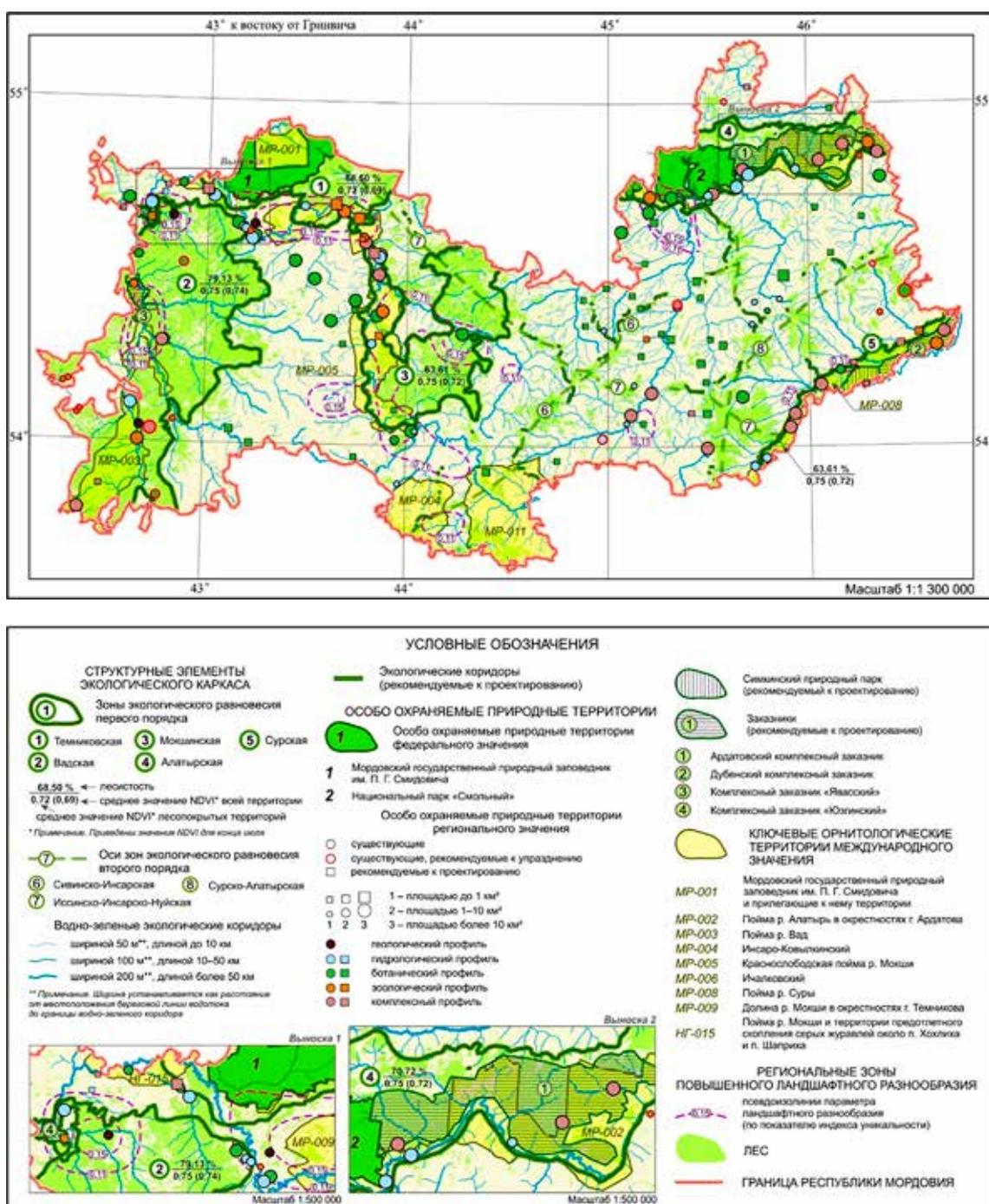


Рис. 3. Схема экологического каркаса

Заключение

Апробация предложенной методики поляризации мегагеосистем позволила сформулировать предложения по геоэкологическому зонированию территории. Для целей минимизации развития деструктивных геоэкологических процессов, устойчивого развития мегагеосистем хозяйственного каркаса, выделенных в соответствии

с параметрами селитебного и сельскохозяйственного типов хозяйственного освоения по лугово-степным геосистемам, а также в зонах контрастных ландшафтных границ лугово-степных и лесных геосистем, предусмотрено планирование взаимосвязанных зон экологического равновесия, предложены мероприятия по оптимизации системы природоохранных территорий. В совокуп-

ности элементы экологического каркаса призваны обеспечить защиту области питания основного водоносного комплекса, используемого для водоснабжения населения, предотвращение активизации экзогенных процессов, сохранение местообитаний растительного и животного мира и др. Внедрение предложенного подхода на практике позволит усовершенствовать методику каркасного подхода, установленную современным законодательством при разработке схем территориального планирования регионов и муниципальных районов.

Список литературы

1. Зубаревич Н.В. Стратегия пространственного развития: приоритеты и инструменты // Вопросы экономики. 2019. № 1. С. 135–145. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-1-135-145.
2. Seliverstov V.E., Melnikova L.V., Kolomak E.A., Kryukov V.A., Suslov V.I., Suslov N.I. Spatial Development Strategy of Russia: Expectations and Realities. *Regional Research of Russia*, 2019. Vol. 9, Is. 2. P. 155–163. DOI: 10.1134/S2079970519020114.
3. Panin A.N., Radvanyi J., Tikunov V.S., Proskurin V.S. The Russian strategy of spatial development: trends and realities. *InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: MSU, Faculty of Geography*, 2021. Vol. 27. Part 1. P. 5–16. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-5-16.
4. Колбовский Е.Ю. Стратегическое пространственное планирование как инструмент регионального развития // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. 3, № 3. С. 110–115.
5. Родоман Б.Б. Некоторые пути сохранения биосферы при урбанизации // Вестник Московского университета. Сер. География. 1971. № 3. С. 92–94.
6. Тишков А.А., Белоновская Е.А., Золотухин Н.И., Титова С.В., Царевская Н.Г., Чендев Ю.Г. Сохранившиеся участки степей как основа будущего экологического каркаса Белгородской области // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 1 (82). С. 43–53.
7. Liccari F., Sigura M., Tordoni E., Boscutti F., Bacaro G. Determining Plant Diversity within Interconnected Natural Habitat Remnants (Ecological Network) in an Agricultural Landscape: A Matter of Sampling Design? // *Diversity*. 2022. Vol. 14 (1), Is. 12. DOI: 10.3390/d14010012.
8. Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63, № 2. С. 127–146. DOI: 10.21638/11701/SPBU07.2018.201.
9. Чибилев А.А. (мл.), Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В. Современное состояние природно-экологического каркаса бассейна реки Урал в пределах Оренбургской области и его роль в социально-экономическом развитии региона // Успехи современного естествознания. 2017. № 8. С. 122–127.
10. Ямашкин А.А. Физико-географические условия и ландшафты Мордовии. Саранск: Издательство Мордовского университета, 1998. 156 с.
11. Ямашкин А.А., Зарубин О.А., Ямашкин С.А. Методика функционального геоэкологического зонирования метагеосистем для целей устойчивого эколого-социально-экономического развития региона (на примере Республики Мордовия) // *International Agricultural Journal*. 2022. Т. 65, № 3. С. 1100–1119. DOI: 10.55186/25876740_2022_6_3_9.
12. Ямашкин А.А., Зарубин О.А., Ямашкин С.А. Историко-географический анализ селитебного освоения ландшафтов Мордовии // *Центр и периферия*. 2019. № 3. С. 84–89.
13. Варгот Е.В., Силаева Т.Б., Ручин А.Б., Кузнецов В.А., Хапугин А.А., Лапшин А.С., Спиридонов С.Н., Письмаркина Е.В., Гришуткин Г.Ф., Чугунов Г.Г., Артаев О.Н., Гришуткин О.Г., Лобачев Е.А., Лукиянов С.В., Андрейчев А.В. Сеть особо охраняемых природных территорий Республики Мордовия и рекомендации к ее оптимизации // *Тр. Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича*. 2015. Вып. 15. С. 3–68.

УДК 913:338.48(470.620)
DOI 10.17513/use.38100

ИНКЛЮЗИВНЫЙ ТУРИЗМ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Карпова Ю.И., Волкова Т.А., Комаров Д.А.

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар,
e-mail: mist-next4@inbox.ru*

На современном этапе развитие инклюзивного туризма приобретает особую важность. Это во многом связано с социальными и экономическими процессами развития общества. Краснодарский край как ведущая туристская и санаторно-курортная территория ставит перед собой важную задачу развития доступности сферы туризма и отдыха для всех категорий населения. Развитие городской инфраструктуры, ориентированной на формирование доступной среды, – актуальная задача не только для городов-курортов федерального значения, но и для всех населенных пунктов региона. Именно доступная городская среда во многом определяет уровень доступности и комфортности пребывания туристов. Исследование, результаты которого представлены в статье, было нацелено на анализ современного состояния инклюзивного туризма в Краснодарском крае и анализ перспектив его развития. Медленное развитие доступной среды, которая во многом является базой для развития инклюзивного туризма, влияет и на скорость развития этого вида туризма. Это объясняет относительно небольшое количество регионов, для которых был бы характерен высокий спрос на продукт инклюзивного туризма и которые обладают уровнем доступности, позволяющим создавать и реализовывать программы инклюзивного туризма. Методами исследования стали эмпирическое описание, элементы методов конструктивной географии, заключающиеся в изучении закономерностей развития инклюзивного туризма и доступной среды в условиях розничных населенных пунктов и сравнительно-географический метод. В статье представлены результаты исследования современного состояния инклюзивного туризма на территории Краснодарского края, приводятся основные тенденции и перспективы развития указанного вида туризма. В Краснодарском крае есть все условия для создания инклюзивного туризма (природные, социально-культурные, исторические ресурсы). На сегодняшний день первостепенной задачей все еще остается решение проблемы создания доступной городской среды и обеспечение условий безопасного и комфортного пребывания туристов с ограниченными возможностями на курортах Краснодарского края.

Ключевые слова: Краснодарский край, туризм, инклюзивный туризм, безбарьерная среда, доступная среда, турпоток, ограничения в мобильности, маломобильные туристы

INCLUSIVE TOURISM IN KRASNODAR REGION

Karpova Yu.I., Volkova T.A., Komarov D.A.

Kuban State University, Krasnodar; e-mail: mist-next4@inbox.ru

At the present stage, the development of inclusive tourism is of particular importance. This is largely due to the social and economic processes of the development of society. The Krasnodar region, as a leading tourist and health resort area, sets itself the important task of developing the accessibility of the tourism and recreation sector for all categories of the population. The development of urban infrastructure focused on the formation of an accessible environment is an urgent task not only for resort cities of federal significance, but also for all settlements in the region. It is the accessible urban environment that largely determines the level of accessibility and comfort of tourists. The study, the results of which are presented in the article, was aimed at analyzing the current state of inclusive tourism in the Krasnodar region and analyzing the prospects for its development. The slow development of an accessible environment, which is largely the basis for the development of inclusive tourism, also affects the speed of development of this type of tourism. This explains the relatively small number of regions that would be characterized by a high demand for the product of inclusive tourism and which have a level of accessibility that allows the creation and implementation of inclusive tourism programs. The research methods were an empirical description, elements of constructive geography methods, which consist in studying the patterns of development of inclusive tourism and an accessible environment in retail settlements, and a comparative geographical method. The article presents the results of a study of the current state of inclusive tourism in the Krasnodar region, the main trends and prospects for the development of this type of tourism are given. The Krasnodar region has all the conditions for creating inclusive tourism (natural, socio-cultural, historical resources). To date, the primary task is still to solve the problem of creating an accessible urban environment and providing conditions for the safe and comfortable stay of tourists with disabilities in the resorts of the Krasnodar region.

Keywords: Krasnodar region, tourism, inclusive tourism, barrier-free environment, accessible environment, tourist flow, mobility restrictions, tourists with limited mobility

В России по статистическим данным зарегистрировано более 15 млн чел. с различными нарушениями в состоянии здоровья. До 70% из них хотели бы путешествовать как по России, так и в другие страны. 30% лиц с ОВЗ имеют достаточный доход для этого. Однако всего 3% может позволить

себе путешествовать самостоятельно, примерно 7% путешествуют с помощью родственников. Остальные не могут себе позволить путешествовать [1].

На данный момент инклюзивный туризм в РФ претерпевает период становления. Существует потребность в формиро-

вании новых теоретико-методологических основ управления развитием туризма с учетом его инклюзивной направленности, что определяет актуальность работы. Инклюзивный туризм под своим наименованием подразумевает, что он доступен всем, а конкретно людям, имеющим определенные ограничения в возможностях в силу своих особенностей. Инфраструктура для этого вида туризма должна быть полностью адаптирована под особенности туристов, на которых рассчитан данный вид деятельности. Инклюзивный туризм развивается только тогда, когда туристические центры способны принять у себя всех туристов, независимо от состояния их здоровья [2]. И хотя инклюзивный туризм и считается одной из перспективных отраслей туризма, новых маршрутов, которые бы учитывали особенности людей с ограниченными возможностями, в России не хватает. Недостаточное финансирование – еще одна проблема развития инклюзивного туризма в региональных условиях. Необходимы дополнительные финансовые ресурсы для создания инфраструктуры, подготовки персонала и поддержки инклюзивных учреждений, которых не всегда достаточно. Кроме того, организация инклюзивного туризма требует крупных инвестиций, что не всегда возможно для региональных бизнесменов или государственных организаций [3]. При этом нельзя говорить о том, что финансирование отсутствует полностью. Правительством Российской Федерации, в качестве меры поддержки предпринимательских инициатив в сфере внутреннего туризма были выделены гранты для малого и среднего бизнеса, которые согласно Постановлению от 07.12.2019 г. № 1619 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета на грантовую поддержку общественных и предпринимательских инициатив, направленных на развитие внутреннего и въездного туризма» могут претендовать на получение субсидий, представив на конкурс Ростуризма свои проекты [4]. Так, весной 2021 г. 258 проектов стали победителями Президентских грантов в категории «Социальное обслуживание, защита и поддержка маломобильных граждан» и получили выплаты, сумма которых варьировалась от 300 тыс. до 37 млн руб.

Поддержку проектам по развитию инклюзивного туризма также оказывает Агентство стратегических инициатив (АСИ), 3 февраля 2020 г. организацией было одобрено 7 проектов, касающихся инклюзив-

ного туризма, а именно: «Еврейский музей и центр толерантности», «Собаки-помощники инвалидов», «Академия доступной среды», проект «Everland», «EcoGym», «Город Дружный», «Знакомство с родным краем». Данные проекты направлены на создание новых доступных туристских объектов, подготовку специалистов в работе с людьми с особыми потребностями, создание инклюзивных туристских маршрутов, повышение уровня знаний граждан о взаимодействии с людьми с ОВЗ [4].

В данный момент формирование доступной среды для комфортного, а главное, безопасного пребывания людей с ограниченными возможностями считается одной из важнейших задач в планах развития инфраструктуры курортных территорий Краснодарского края. Именно данные факторы играют большую роль в оказании туристских услуг, то есть в формировании безбарьерной туристской инфраструктуры [5].

Целью исследования стал анализ современного состояния и перспектив развития инклюзивного туризма на территории Краснодарского края.

Материалы и методы исследования

Методологической основой исследования являются труды теоретиков и практиков в области инклюзивного туризма. Информационной базой являются статистические данные по инклюзивному туризму в РФ. В работе используются общегеографические методы, такие как эмпирическое описание, элементы методов конструктивной географии, заключающиеся в изучении закономерностей развития инклюзивного туризма и доступной среды в условиях различных населенных пунктов и сравнительно-географический метод.

Результаты исследования и их обсуждение

Краснодарский край характеризуется высоким уровнем развития территориального туристско-рекреационного комплекса и является одним из лидеров по уровню развития туризма. Существует общепринятое понятие инклюзивного туризма, оно характеризует данный вид туризма как туризм, который доступен абсолютно любому человеку вне зависимости от степени нарушения здоровья за счет адаптации туристской инфраструктуры. Развитие инклюзивного туризма происходит на началах принципа доступности и удобства для каждого туриста. Следует помнить, что

важными составляющими доступного туризма являются транспортная доступность, наличие всех необходимых технических условий в организациях туристской инфраструктуры, а также обучение персонала взаимодействию с туристами с ограниченными возможностями.

По уровню развития безбарьерной среды, а также продвижению инклюзивного туризма в нашей стране можно выделить тройку городов-лидеров, а именно: Москву, Санкт-Петербург и Сочи. Наиболее адаптированным для инвалидов в нашей стране можно считать Сочи, поскольку здесь проводились Параолимпийские игры и была создана соответствующая инфраструктура. На сегодняшний день в городе доступны 205 объектов питания, 46 объектов культуры, 25 парков и скверов, 18 пляжей, где для свободного доступа людям с инвалидностью оборудованы спуски в воду, настилы для удобства передвижения, лежаки, специальные кабинки для переодевания и туалеты. В Сочи в рамках программы «Доступный город» была создана вся необходимая инфраструктура для людей с ограниченными возможностями. Основными затрагиваемыми городскими объектами для реконструкции послужили дороги, социальные, медицинские и образовательные организации, а также общественный транспорт. Поскольку г. Сочи – курорт, при реализации программы были задействованы многие объекты, от пляжных зон до парковых. К примеру, комплекс «Южное взморье» обзавелся определенными устройствами, напоминающими инвалидные коляски,

для плавания инвалидов, а парк «Ривьера» полностью обустроен для беспрепятственного отдыха людей с особенностями. Стоит отметить, что известный горнолыжный курорт «Роза Хутор» также является доступным для людей с ограниченными возможностями. Данные меры позволили туристам с ограниченными возможностями проводить время в курортной зоне полноценно и с максимальной пользой.

Большое ускорение развитию инклюзивного туризма на территории региона придал реализуемый проект «Карта доступности», который был приурочен к одиннадцатым Параолимпийским играм. В рамках проекта были созданы все условия для быстрого поиска необходимых зон для инвалидов, в том числе специальные приложения для мобильных устройств. Все мероприятия, которые выше указаны, стали реальными благодаря проводимой государством политике. Программа «Доступная среда» на 2011–2020 гг. была полностью реализована. Сумма, выделенная на реализацию данного проекта, составила более 151,5 млн руб. (рис. 1).

Программа «Доступная среда» была разработана с условием реализации в городах Краснодарского края. Под действие программы попали Краснодар, Армавир, Новороссийск, Геленджик и другие крупные и средние города края. Таким образом были предприняты попытки создания комплекса инклюзивной среды в Краснодарском крае, а результатом является увеличение инклюзивного спроса на основные курортные зоны региона.



Рис. 1. Бюджет государственной программы «Доступная среда» на 2011–2020 гг.

Численность инвалидов по группам инвалидности
разреze РФ и Краснодарского края ()

Территория	на 1 января 2021 г.					
	Всего	Всего без детей-инвалидов	1-я группа	2-я группа	3-я группа	Дети-инвалиды
РФ	11 632 958	10 928 989	1 367 579	4 982 434	4 578 976	704 969
Краснодарский край	453 247	425 066	54 561	210 312	160 193	28 181
Территория	на 1 января 2020 г.					
	Всего	Всего без детей-инвалидов	1-я группа	2-я группа	3-я группа	Дети-инвалиды
РФ	11 876 925	11 188 902	1 422 675	5 209 753	4 556 474	688 023
Краснодарский край	456 822	429 956	55 698	216 958	157 300	26 866

Примечание: составлена автором по данным Росстата.

По данным, представленным в программе Краснодарского края «Доступная среда» от 28.08.2018 г., количество людей с ограниченными возможностями составляет около 7 тыс. чел., что соответствует около 1,8% от всего числа по региону, количество граждан с расстройствами слуха – 3 тыс. чел., с расстройством опорно-двигательного аппарата – 5 тыс. чел., что составляет около 1,3% от всего числа людей с ограничениями. Более 64% людей с ограничениями в мобильности относятся к 1 и 2 группе инвалидности, ввиду своих особенностей физического и психического состояния. Однако число инвалидов со значительными затруднениями в пользовании средствами обычной среды и быта, гораздо больше, чем зафиксировано по официальным статистическим данным. Рост числа людей с ограниченными возможностями происходит в основном по демографическим причинам. Стоит за-

метить, что уровень доходов у данной категории не высок, а спектр возможностей занятости не широкий.

Согласно статистическим данным, количественная динамика в категориях граждан с разными группами инвалидности характеризуется разнонаправленностью (таблица).

В рамках государственной программы «Доступная среда» в первом полугодии 2021 г. на территории Краснодарского края были приняты следующие меры:

1. Повышена доступность для маломобильных групп населения в здания государственных учреждений Краснодарского края.

2. Были оснащены всем необходимым специальным оборудованием кинозалы для показа кинофильмов с субтитрами и аудиокomentarиями.

3. Размещение специальных остановочных пунктов общественного транспорта в рамках безопасности дорожного движения (рис. 2).

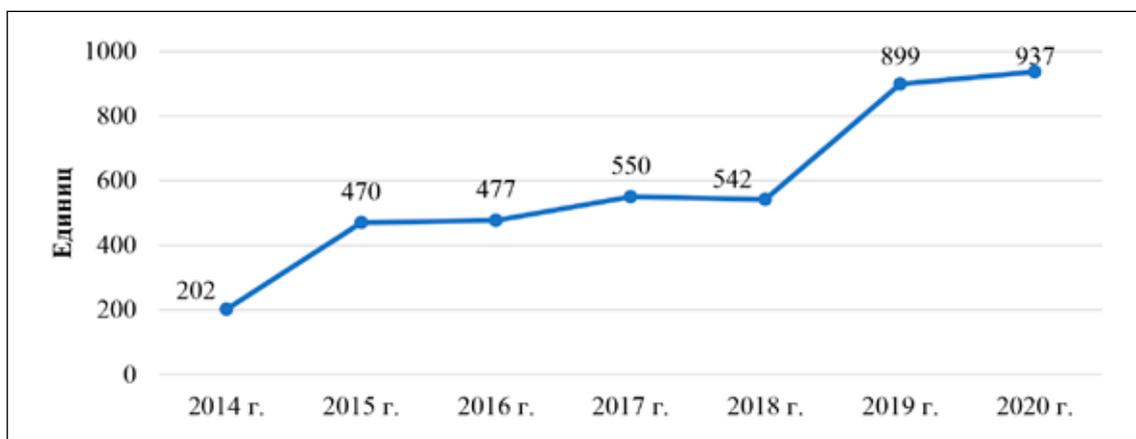


Рис. 2. Адаптированность транспорта для людей с инвалидностью

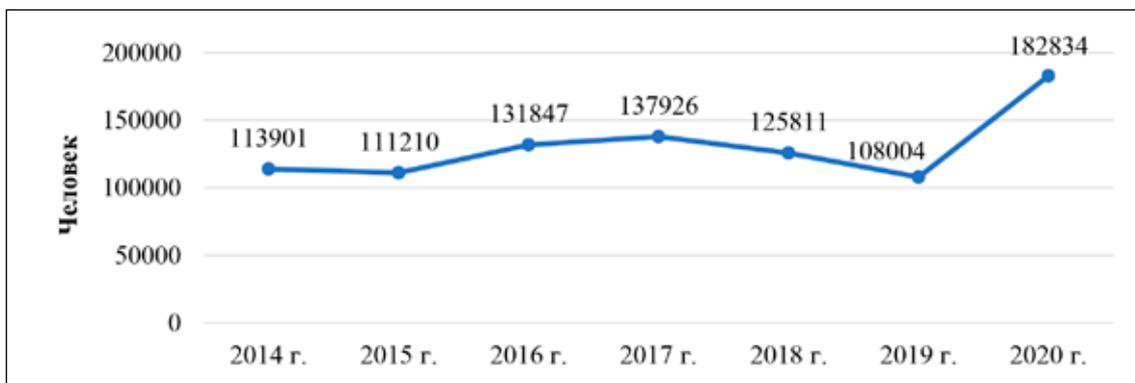


Рис. 3. Обеспечение ТСП и услугами людей с инвалидностью и ветеранов (процент удовлетворенных заявок)

4. Обеспечение участия инвалидов и их сопровождающих во всероссийских фестивалях творчества инвалидов, турнирах, конкурсах, кубках и других культурно-массовых мероприятиях, направленных на социальную интеграцию маломобильных людей и людей с различными ограниченными возможностями в общество [6].

5. Оснащение реабилитационным и медицинским оборудованием, необходимым для предоставления услуг по социальной и профессиональной, а также медицинской реабилитации и абилитации инвалидов, в том числе детей-инвалидов [7] (рис. 3).

Доступными для инвалидов-колясочников признаны 10215 объектов (71,6%), для инвалидов с нарушением опорно-двигательного аппарата – 10914 объектов (87,2%), для слабовидящих – 9989 объектов (79,8%), для слабослышащих – 11256 объектов (89,9%) [8].

По результатам проведенного мониторинга 9881 приоритетный объект, или 78,9% от количества обследованных, признан доступным для инвалидов, а именно 5365 объектов являются полностью доступными; 3024 – обеспечена частичная доступность на период до проведения капитального ремонта; 1492 – обеспечена доступность с учетом имеющихся технических возможностей. Проведен опрос (анкетирование) 29406 инвалидов по уровню доступности основных объектов жизнедеятельности, а также по отношению населения к их проблемам. Уровень безбарьерной среды положительно оценивают 83,2% опрошенных.

В г. Сочи, после организации в 2014 г. Паралимпиады, удалось создать условия безбарьерной среды согласно ведущим международным стандартам. Сейчас безбарьерная

среда г. Сочи является показательным примером для большинства регионов страны, например в Крыму, в г. Саки, была оборудована прибрежная зона отдыха для людей с ограниченными возможностями по принципу пляжа «Ривьера» в г. Сочи. В 2022 г. в Сочи были созданы более 180 мест для инклюзивного отдыха, в число которых входят более 80 объектов с бюджетным обеспечением и более 100 в зонах санаториев. В зоне Имеретинской низменности восстановлено покрытие из резины, позволяющее безопасное передвижение инвалидов-колясочников по всей прибрежной зоне. В зоне центрального пляжа «Ривьера» создано бесперебойное дежурство отзывчивых и обученных волонтеров для помощи инвалидам-колясочникам, для их удобства передвижения.

На пляжах Краснодарского края каждый год становится все больше мест, оборудованных для купания инвалидов-колясочников, что является показателем развития инклюзивного туризма. Помимо всего этого, развиваются и другие условия инклюзивного туризма: создается комплекс со всеми удобствами для инвалидов с наличием определенного лифта, чтобы беспрепятственно спускаться к морю, к пляжам с оборудованными дорожками и большими кабинками для того, чтобы сменить одежду, а также увеличенные туалеты. Важным фактом, который следует упомянуть, является то, что инвалиды имеют доступ ко всем пляжным зонам курортов, в том числе санаторным.

На всех пляжах г. Геленджика была проведена полноценная санитарная и эпидемиологическая экспертиза на выявление недочетов для удобства инвалидов. Все пляжные зоны благополучно прошли эту комиссионную проверку и были удостоены

звания безопасных зон для инклюзивного отдыха для взрослых и детей с ограничениями в мобильности. Данный факт говорит о заботе о туристах в Краснодарском крае. В городе находится очень удобная набережная, которая полностью соответствует стандартам безбарьерной среды. Что касается пляжей Туапсинского района, то здесь все пляжные объекты включены в реестр жизненно важных объектов для инвалидов. Как и на других курортах, здесь есть все необходимое оборудование для рекреации людей с ограниченными возможностями. В поселке Небуг Туапсинского района есть несколько санаториев со специальными лифтами к морю. В Темрюкском районе есть кемпинги для людей с ограниченными физическими возможностями с легким доступом к морю. Следует отметить, что пляжи станции Голубицкой оборудованы всем необходимым для реализации качественного отдыха людей с ограниченными возможностями.

Программа по реализации доступности отдыха для людей с ограниченными возможностями осуществляется и в г. Новороссийске. В Новороссийске на восстановительном этапе в данный момент находятся более 1700 объектов индустрии туризма, в их число входят и пляжи. Пляжные зоны стали оборудованными для туристов с ограничениями мобильности: появились специальные шезлонги для инвалидов-колясочников, а также все пляжи оснащены тактильными знаками для слабовидящих и незрячих, оборудованы дорожками для передвижения на колясках, помимо этого имеются пандусы и зоны для не умеющих плавать. А также данная программа распространялась и на г. Ейск, где оборудованы 22 пляжа под инклюзивный туризм.

Развитие инклюзивного туризма, основанного на формировании доступной среды, происходит медленно. На сегодняшний день регионов, имеющих спрос на развитие инклюзивного туризма, а также уровень доступности среды, позволяющий реализовывать подобные туристские программы, в России немного, это Московская область и Москва, Санкт-Петербург, Калининград, Сочи и Казань. Тем не менее в регионах активно разрабатываются новые проекты инклюзивных турпродуктов, планируемых к реализации в ближайшее время [4].

Заключение

Согласно общепринятому понятию инклюзивного туризма, оно характеризует

данный вид туризма как туризм, который доступен абсолютно любому человеку вне зависимости от степени нарушения здоровья за счет адаптации туристской инфраструктуры. Развитие инклюзивного туризма происходит на началах принципа доступности и удобства для каждого туриста. Существует несколько видов барьеров в организации туризма для людей с ограниченными возможностями: внутренние, внешние и коммуникативные барьеры. Под понятием «безбарьерная среда» следует понимать совокупность различных стандартов, обеспечивающих доступ людям с ограниченными возможностями ко всем туристским объектам, а именно к гостиницам, общественному транспорту, медицинским учреждениям, развлекательным центрам. Но стоит заметить, что данное понятие не используется в основных законодательных актах, так как законодательство вводит термин «доступность». С развитием инклюзивного туризма в России становится легче путешествовать не только людям с ограниченными возможностями, но и пожилым, а также молодым семьям с детьми.

Туристский продукт, формируемый для людей с особыми потребностями, зависит от физического и психологического состояния. В зависимости от этого потребителей туристского продукта разделяют на три категории. С учетом этих категорий предъявляются требования к составлению туристского маршрута и в целом турпродукта. Район, где предоставляются услуги, должен быть оснащен необходимым оборудованием. Немаловажным фактором является и обеспечение безопасности на маршруте.

Статистика предыдущих лет показала, что численность людей с ограниченными возможностями в России уменьшается и на данный момент насчитывает порядка 11 млн чел. Среди них значительную часть составляют женщины пенсионного возраста. Правительство Российской Федерации ведет политику по осуществлению программ и мероприятий по повышению качества медицины и условий труда граждан, а также в целом ситуации с качеством жизни.

В Краснодарском крае есть все условия для создания инклюзивного туризма (природные, социально-культурные, исторические ресурсы). Государственная программа «Доступная среда» предоставляет финансирование в размере 151583,6 тыс. руб. на развитие инклюзивного туризма на территории Краснодарского края. За последнее десятилетие для создания и поддержа-

ния качественного инклюзивного туризма в городах Краснодарского края побережья и не только было много предпринято, что очень позитивно влияет на развитие всей отрасли туризма и развитие туристско-рекреационного комплекса региона. Следует отметить, что обеспечение доступности туризма для людей с инвалидностью входит в национальный проект «Туризм и индустрия гостеприимства». В данном национальном проекте ведется работа по следующим вопросам: повышение доступности туристских услуг и развитие туристской инфраструктуры, совершенствование системы управления в туризме.

Таким образом, ключевым аспектом развития инклюзивного туризма является создание доступной среды. А обеспечение доступности заключается в приспособлении окружающей среды для людей с особыми потребностями. При создании инклюзивного тура необходимо учитывать, насколько адаптированы элементы туристской инфраструктуры для предоставления услуг людям с особыми потребностями. Фактически на современном этапе редко разрабатываются туры специально для людей с ограниченными возможностями, причиной всему служит высокий уровень ответственности. Более того, с такой важной аудиторией, как дети с ОВЗ, зачастую боятся работать из-за трудностей, которые могут возникнуть на любом из этапов разработки и проведения тура. Таким образом, в России в целом и на территории Краснодарского края в частности существуют определенные сложности в развитии института инклюзивного туризма.

Сложности в развитии инклюзивного туризма в Краснодарском крае связаны со следующими основными факторами: отсутствие явной заинтересованности туристических организаций в оказании данных услуг по причинам высокой инвестиционной емкости этого вида туризма; существование бюрократической системы органов

государственной власти и местного самоуправления. Вопрос о перспективах развития инклюзивного туризма в Краснодарском крае остается открытым. К сожалению, для развития данного вида туризма необходимо предпринимать больше усилий, учитывая, что этот вид туризма может быть очень полезен и как метод социальной реабилитации инвалидов.

Список литературы

1. Ткаченко С.С., Горохова Н.П. Факторы развития и совершенствования инклюзивного туризма в России // Поиск (Волгоград). 2023. № 1 (14). С. 111–114.
2. Волкова Т.А., Ходыкина М.Ф., Куделя Е.В., Чамочков Д.М. Анализ мероприятий по развитию туристской инфраструктуры в рамках подготовки к XXII Олимпийским зимним играм и XI Паралимпийским играм 2014 г. Сочи // Экономика и менеджмент систем управления. 2013. № 3-1 (9). С. 147-154.
3. Тергерян Д.А. Основные проблемы развития инклюзивного туризма в региональных условиях // Наука и технологии: перспективы развития и применения: сборник статей IV Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2023. С. 250-254.
4. Кабанова Е.Е., Ломакин С.С., Рыбина И.А. Развитие инклюзивного туризма в России: формирование комплексного представления // Экономика и предпринимательство. 2023. № 1 (150). С. 700–707.
5. Шелкоплясова Г.С., Савенко Т.А. Проблемы формирования доступной среды для развития безбарьерного туризма // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2017. № 1 (58). С. 99–103.
6. Постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 12 октября 2015 г. № 969 «Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Доступная среда». Система ГАРАНТ [Электронный ресурс]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/36929852> (дата обращения: 01.07.2023).
7. Григорьева М.И. Формирование современной реабилитационной среды инвалида в российском регионе: автореф. дис. ... канд. соц. наук. Нижний Новгород, 2022. 24 с.
8. Вовченко А.В., Фисенко В.С., Грибов Д.Е., Афанасьев Д.В., Уразов М.С., Ярилова О.С., Благириева Е.Н., Кадырова Г.М., Васильев Д.А., Шульпин М.Н., Володин А.А., Заяц В.В., Пономаренко Г.Н., Васильченко Е.М., Владимирова О.Н., Ковалев В.А., Соловьева Т.А., Фесюн А.Д., Батышева Т.Т., Михалев И.М. и др. Состояние и динамика инвалидности, комплексная реабилитация и абилитация инвалидов и детей-инвалидов в Российской Федерации // Ежегодный доклад Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральное бюро медико-социальной экспертизы» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (ФГБУ ФБ МСЭ Минтруда России). Под ред. М.А. Дымочки. Отчет о НИР. 2022.

УДК 502:910.3(1-925.13)
DOI 10.17513/use.38101

КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ РЕСУРСНОГО РЕЗЕРВАТА «ТОБУЙА» ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Николаев А.А.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: cd051@mail.ru

В статье дан комплексный эколого-географический анализ территории ресурсного резервата «Тобуйа», расположенного на Лено-Виллюйском междуречье Центрально-Якутской равнины. Ресурсный резерват находится в труднодоступной части юга Верхневиллюйского улуса Якутии, который находится в 250 км от улусного центра Верхневиллюйска. Поблизости от резервата находится сельский населенный пункт Тобуйа с численностью населения около 400 чел. В Верхневиллюйском улусе помимо этого резервата действуют два ресурсных резервата. В статье рассмотрена цель создания, общая граница резервата, а также подробно описаны границы зон абсолютного покоя и традиционного природопользования. Проанализированы климатические, геологические, геоморфологические условия резервата, описан растительный и животный мир. Охарактеризована общая туристско-рекреационная и природоохранная деятельность ресурсного резервата. Территория ресурсного резервата является типичной по климату, растительности и животным ресурсам Центрально-Якутской равнины, характеризующейся резко континентальным с малыми атмосферными осадками климатом, преимущественно среднетаежным, лиственничной тайгой и распространённостью типичных таежных диких животных. При постоянной работе легкого воздушного транспорта в с. Тобуйа здесь возможно развитие познавательного туризма как эталона нетронутого природного участка Центральной Якутии, представленного ресурсным резерватом. Выделены критерии дальности особо охраняемых природных территорий по географическому расположению от крупных населенных пунктов, улусных центров.

Ключевые слова: ресурсный резерват «Тобуйа», Лено-Виллюйское междуречье, Центрально-Якутская равнина, Верхневиллюйский улус, резко континентальный климат

COMPREHENSIVE ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE TERRITORY OF THE RESOURCE RESERVE “TOBUYA” OF THE LENO-VILYUI INTERFLUENCE

Nikolaev A.A.

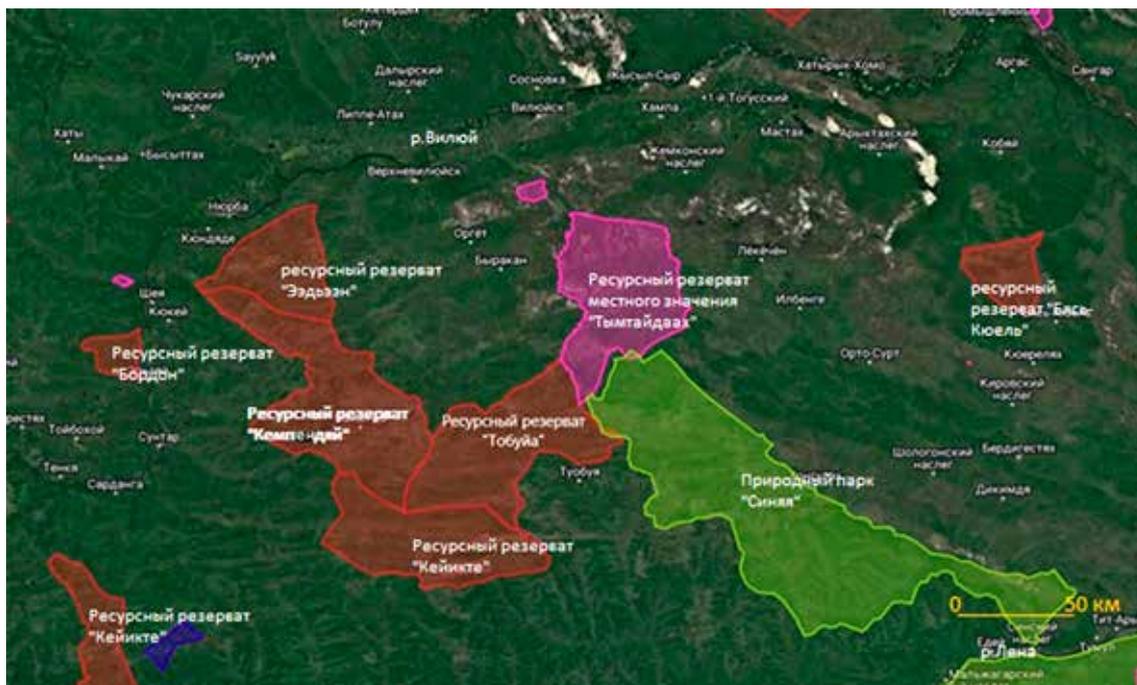
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: cd051@mail.ru

This article provides a comprehensive ecological and geographical analysis of the territory of the Tobuya resource reserve located on the Leno-Vilyui interfluvium of the Central Yakut Plain. The resource reserve is located in a hard-to-reach part of the south of the Verkhnevilyuiskiy ulus of Yakutia, which is located 250 km from the ulus center of Verkhnevilyuisk. Near the reserve is the rural settlement of Tuobuya, with a population of about 400 people. In Verkhnevilyuiskiy ulus, in addition to this reserve, there are 2 resource reserves. The article considers the purpose of creation, the general boundary of the reserve, and also describes in detail the boundaries of its functional zones – the zone of absolute peace, the zone of traditional nature management. The climatic, geological, geomorphological conditions of the reserve are analyzed, flora and fauna are described. The general tourist-recreational and environmental activities of the resource reserve are characterized. The territory of the resource reserve is typical in terms of climate, vegetation and animal resources of the Central Yakut Plain, characterized by a sharply continental climate with low precipitation, predominantly middle taiga larch taiga and the prevalence of typical taiga wild animals. With the constant work of light air transport in the village. Tuobuya here it is possible to develop educational tourism as a standard of untouched natural area of Central Yakutia, represented by a resource reserve. The characteristics of the range of specially protected natural areas by geographical location from large areas, ulus centers.

Keywords: Tobuya resource reserve, Leno-Vilyui interfluvium, Central Yakut plain, Verkhnevilyuiskiy ulus, sharply continental climate

Ресурсные резерваты, расположенные в труднодоступных районах Центрально-Якутской равнины, в настоящее время вообще не изучены и не исследованы. Комплексное эколого-географическое изучение данных ресурсных резерватов Якутии является особо актуальным для формирования эффективной организационной и природо-

охранной деятельности, а также для экономического развития близлежащих населенных пунктов, создания туристической отрасли на местах. Ресурсный резерват «Тобуйа» расположен в Лено-Виллюйском междуречье обширного Среднесибирского плоскогорья, которое характеризуется как типичный якутский среднетаежный ландшафт (рисунок).



Картограмма расположения ресурсного резервата «Тобуйа» на Лено-Вилуйском междуречье [5]

- – Ресурсные резерваты республиканского значения
- – Ресурсные резерваты местного значения
- – Природные парки

Ресурсный резерват «Тобуйа» республиканского значения представляет собой сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Саха (Якутия) – Ытык Кэрэ Сирдэр, расположенных в труднодоступной южной части Верхневилуйского улуса – в Тобуйинском наслеге. Ресурсный резерват организован постановлением Правительства Республики Саха (Якутия) № 39 от 3 февраля 2000 г., по площади занимает 535281 га участка дикой природы. Помимо этого резервата в улусе действуют два ресурсных резервата. Это ресурсные резерваты местного значения – Солокут и Сордонноох. Ресурсный резерват «Тобуйа» организован для сохранения и восстановления численности диких животных, растений, в том числе редких и исчезающих видов, занесенных в Красную Книгу республики и России, охраны их обитания и произрастания, миграции и общего экологического состояния; сохранение типичных ландшафтов Центрально-Якутской равнины, сети больших и мелких озер; изучение природных экосистем, их мониторинга, а также создание базы туристско-рекреационной основы участка и пропаганда охраны окружающей среды.

Цель исследования – провести комплексный эколого-географический анализ территории ресурсного резервата «Тобуйа» Лено-Вилуйского междуречья Центрально-Якутской равнины для природоохранного и туристско-рекреационного обоснования участка.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования являются натурные исследования в 2022 г. на территории ресурсного резервата «Тобуйа», изучение границ по архивным данным администрации с. Тобуйа, природно-ландшафтное, климатические описания территории ресурсного резервата. Методология исследования выстраивается по основным работам следующих авторов по организации и эколого-географическому анализу особо охраняемых природных территорий [1–4].

Результаты исследования и их обсуждение

Описание границ ресурсного резервата. Южная граница резервата начинается в месте слияния р. Кэйиктэ и Тосоголох, идет в южном направлении по левому берегу р. Кэйиктэ до границы Олекминского улуса.

са, затем граница проходит в юго-западном направлении до соединения с административной границей Сунтарского улуса, затем направляется вверх к северу по границе Сунтарского улуса против течения р. Намана, доходя до устья р. Кэдэпчик, идет в восточном направлении по правому берегу р. Кэдэпчик до ее истока, затем граница проходит в юго-восточном направлении по профилю до верховьев р. Чыбыда, пересекая зимнюю автодорогу Верхневилуйск – Туобуйя, доходит к административной границе Вилуйского улуса.

Затем направляется к северу по границе Вилуйского улуса и примыкает к административной границе Горного улуса, далее спускается вниз до пересечения р. Синяя, дальше идет в западном направлении по р. Синяя, пересекая зимнюю дорогу Верхневилуйск – Туобуйя, до верховья речки Тосоголох и до устья р. Тосоголох, до первоначальной точки описания [6]. Таким образом, большой участок резервата граничит с четырьмя улусами – Олекминским, Сунтарским, Вилуйским и Горным. В улусах на этих участках находятся следующие ресурсные резерваты: «Кемпендйяй» Сунтарского улуса, ресурсный резерват «Кейикте» Олекминского улуса, природный парк «Синяя» Горного улуса и ресурсный резерват местного значения «Тымтайдаах» Вилуйского улуса.

Ресурсный резерват состоит из двух функционально-режимных зон – абсолютного покоя (360432 га) и традиционного природопользования (174849 га). Все виды хозяйственной деятельности запрещены в режиме зоны абсолютного покоя. Разрешены только противопожарные мероприятия, а также научные исследования и мониторинг (табл. 1).

Описание границ зоны абсолютного покоя. Северная граница зоны абсолютного покоя начинается в месте слияния р. Намана и Кэдэпчик, идет в восточном направлении по правому берегу р. Кэдэпчик до ее истока, затем граница проходит в юго-восточном направлении до р. Чыбыда до зимней дороги Верхневилуйск – Туобуйя. Далее граница идет на юг вдоль дороги до пересечения р. Синяя и по р. Синяя направляется на запад до верховья р. Тосоголох, дальше впадает р. Кэйиктэ и спускается вниз на юг до административной границы Олекминского улуса, затем на границе Олекминского улуса поворачивает на запад и примыкает к административной границе Сунтарского улуса и далее по границе Сунтарского улуса на север вверх против течения р. Намана до соединения с первоначальной точкой.

Вся остальная территория резервата является зоной традиционного природопользования – 174849 га (междуречья р. Чыбыда и Синяя левой стороны автозимника Верхневилуйск – Туобуйя.) [6]. Эта зона местным населением в основном используется для разведения лошадей, скотоводства, сенокосения, сбора ягод и дикоросов, сезонной охоты и рыболовства по лицензии. В с. Туобуйя находится база инспекторов, регулирующая деятельность и охрану ресурсного резервата.

По геологическому строению слагающие породы входят в мезозойскую группу юрской системы. Центральная часть территории резервата входит в кайнозойскую группу четвертичной системы. Генетический тип отложений представлен делювиально-солифлюкционными отложениями верхнего плейстоцена-голоцена – суглинками, супесями, глинами [7].

Таблица 1

Функциональные зоны ресурсного резервата «Тобуйя»

Функциональные зоны	Режим зон	Площадь, га
Абсолютного покоя	– охрана и восстановление численности диких животных, растений, в том числе редких и исчезающих видов; – охрана типичных ландшафтов Центрально-Якутской равнины, сети больших и мелких озер; – научные и мониторинговые работы, противопожарные мероприятия	360432
Традиционного природопользования	– традиционные виды хозяйствования (сенокосение, животноводство, сбор ягод и дикоросов, народные промыслы, лицензионное изъятие биологических ресурсов); – туристско-рекреационная деятельность, экологическое просвещение	174849
Всего		535281

Рельеф равнинный (Центрально-Якутская равнина), по направлению к югу постепенно возвышается, так как начинается возвышенное Приленское плато. Высота рельефа составляет примерно 300 м над уровнем моря. Территория резервата входит в Сибирскую платформу, представляя собой своеобразный платформенный чехол. В фундаменте платформы наблюдаются глубинные разломы – мантийный и внутри-платформенный.

Территория резервата расположена в умеренном континентальном поясе, в области резко континентального климата, зимой температура доходит до -60°C , летом – до $+40^{\circ}\text{C}$. Продолжительность зимнего периода составляет около 6–7 месяцев. Средне-январская температура составляет около -32°C . Зимний период малоснежный, всего выпадает около 60–80 мм осадков. Снежный покров тоже незначителен, достигает 60–70 см. Безморозный период продолжается около 80–90 дней, но и в летние дни могут быть заморозки. Летний период теплый, средняя температура составляет $+19^{\circ}\text{C}$, может доходить до $+38$ – $+40^{\circ}\text{C}$. В теплый период осадки составляют до 200 мм. В зимнее время холодной погоде способствует азиатский антициклон, который охватывает большую часть республики. Для наблюдения за погодой в с. Туобуйа Верхневилуйского улуса с 1950 г. работает метеостанция.

Резерват расположен в зоне вечной мерзлоты с многолетнемерзлыми породами, в то же время специалисты-мерзловеды не исключают наличия таликов под котловинами больших озер и руслами крупных рек. Мощность многолетнемерзлых пород изменяется от 100 до 500 м, распространены типичные мерзлотные, термокарстовые формы рельефа – быллары, аласы, булгуняхи, байджарахи.

Река Туобуйа входит в бассейн реки Лены, чьим левым притоком является Вилюй. По территории проходят реки Кейикте, Бес-Юрях, Намана, Кэдэпчик, Чыбыда. По территории встречаются плесы малых рек в долинах сезонных и эпизодических водотоков на «ледовом» комплексе и в долинах «от-юряхов» (травяных рек) и в сквозных долинах междуречий в сочетании с термокарстовыми озерами разных стадий развития. В юго-восточной части резервата типология озер: термокарстовые и водо-эрозионные озера на древних маломощных льдоненасыщенных осадочных отложениях на пластовых или слабонаклонных междуречных равнинах, в том

числе на водораздельных галечниках [8]. Река Туобуйа, а также малые речки активно представлены меандрами, намного удлиняющими продолжительность сплава по этим речкам, что снижает привлекательность водного туризма.

Большая часть территории находится на мерзлотно-таежных палевых оподзоленных почвах, а также встречаются палевые осолоделые, торфяные болотные низинные почвы. Строение поверхности представлено расчлененными (увалистыми, всхолмленными) возвышенными равнинами с высотами от 270 до 600 м над уровнем моря, где механический состав почв представлен в северной части легкосуглинистыми и супесчаными на элюво-делювии песчаников и сланцев, а в южной части резервата – среднесуглинистыми, реже супесчаными на элюво-делювии песчаников и сланцев и легкосуглинистыми и супесчаными на древнеаллювиальных отложениях [9].

Растительность северной части резервата представлена кустарничковыми (*Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idea*, *Ledum palustre*), а также лишайниково-зеленомошными (*Aulacomnium turgidum*, *Cladina arbuscula*) с участками ерников лиственничными лесами. А южная часть резервата представлена кустарничковыми (*Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idea*) лишайниково-зеленомошными (*Aulacomnium turgidum*, *Cladina arbuscula*) в сочетании с ольховниковыми бруснично-багульниковыми лиственничными лесами. В некоторых местах преобладают брусничные разнотравные (*Pyrola incarnata*, *Thalictrum minus*) лиственничные леса [9]. Таким образом, растительность территории ресурсного резервата представлена типичным для этих мест среднетаежным составом Центрально-Якутской равнины. Примечательно, что здесь сохранились практически нетронутыми девственные леса, преимущественно из-за географической отдаленности.

Фауна представлена типичными среднетаежными видами животных: волк, рысь, бурый медведь, лиса, лось, дикий северный олень, соболь, белка, глухарь, куропатка, ворон, черная ворона и т.д. Из степных животных встречается длиннохвостый суслик. Из озерных рыб представлены карась, голяк. Животный мир, из-за труднодоступности и отдаленности участков от основных населенных пунктов, представляет собой особую зону воспроизводства популяции и стабильного увеличения количества животных.

В общем, в республике с ее огромными территориями и расстояниями, в отличие от центральной части России, особо охраняемые природные территории можно классифицировать по географическому расположению от крупных населенных пунктов, улусных центров и городов – основных поставщиков туристов: 1) труднодоступные ООПТ – расположенные от 200 км и далее; 2) среднедоступные ООПТ – находящиеся от 100 до 200 км; 3) ближние ООПТ – до 100 км (табл. 2). Ресурсный резерват «Тобуйя» по этому критерию относится к дальним ООПТ, что затрудняет общее развитие в туристско-рекреационном отношении, но при разрешении частной малой авиации возможно и их развитие.

Таблица 2

Критерии географического расположения ООПТ Якутии по отношению к крупным населенным пунктам

№	Критерии выделения ООПТ по географическому расположению	Расположение ООПТ, в км
1	Труднодоступные ООПТ	Более 200
2	Среднедоступные ООПТ	От 100 до 200
3	Ближние ООПТ	Менее 100

Географическое расположение ООПТ на равнинных территориях Якутии по дальности сможет играть большую роль в сохранении и воспроизводстве биологических ресурсов данного участка. Таким образом, ООПТ республики по этому критерию можно разделить на следующие категории: 1) максимально защищенные природные участки ООПТ для воспроизводства и размножения диких животных – от 200 км и далее от основных и густонаселенных населенных пунктов республики; 2) средне защищенные природные участки ООПТ для воспроизводства и размножения диких животных – от 100 до 200 км; 3) мало защищенные природные участки ООПТ для воспроизводства и размножения диких животных – до 100 км (табл. 3). К сожалению, в горных районах Якутии эти критерии не могут играть основную роль в сохранении биологических ресурсов, это в основном зависит от места расположения участков ООПТ, гидрографической сети, наличия автодорог, от рельефа местности и т.д. Ресурсный резерват «Тобуйя» в этом критерии можно отнести к средне защищенным природным участкам ООПТ, так как в 120 км

от основного «ядра» – центра резервата находится с. Туобуйя.

Таблица 3

Категории сохранения и воспроизводства биологических ресурсов ООПТ Якутии

№	Категории	Удаленность ООПТ от крупных населенных пунктов, км
1	Максимально защищенные ООПТ	Более 200
2	Средне защищенные ООПТ	От 100 до 200
3	Мало защищенные ООПТ	Менее 100

Заключение

Территория ресурсного резервата находится в труднодоступном районе Лено-Вилюйского междуречья Центрально-Якутской равнины, вдали от крупных населенных пунктов. Отсутствие автодорог, а также географическая отдаленность затрудняют развитие массового туризма. Поблизости от ресурсного резервата находится сельский населенный пункт – село Туобуйя Верхневилуйского улуса с численностью около 400 чел. В летнее время связь с улусным центром осуществляется самолетом АН-2 или вертолетом, находится он в 250 км от улусного центра Верхневилуйска. Самолет или вертолет летает очень редко, поэтому население поселка в основном добирается по бездорожью вездеходами, потом по трассе на микроавтобусах УАЗ. При постоянной работе легкого воздушного транспорта здесь возможно развитие туризма в эталон нетронутого природного участка Центральной Якутии, представленного ресурсным резерватом.

Расположение рядом пяти огромных по площади участков особо охраняемых природных территорий создает благоприятные условия для сохранения биологических ресурсов, нуждающихся в охране, и воспроизводства их популяций. Из туристско-рекреационной деятельности здесь при проведении туристских троп и маршрутов, а также строительства базы для туристов возможно развитие активного познавательного пешего, а также научного туризма.

Список литературы

1. Атамась Е.В. Подходы к оценке эффективности развития природных парков // Регион: системы, экономика, управление. 2017. № 3 (38). С. 98–103.

2. Волкова Е.А., Исаченко Г.А., Резников А.И., Храмцов В.И. Особо охраняемые природные территории в системе ландшафтов Санкт-Петербурга // Известия Русского географического общества. 2017. Т. 149. Вып. 3. С. 52–72.
3. Исаченко Т.Е., Исаченко Г.А., Озерова С.Д. Оценка рекреационной нарушенности и регулирование нагрузок на особо охраняемых природных территориях Санкт-Петербурга // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2020. № 65 (1). С. 16–32.
4. Русецкая Г.Д. Устойчивое управление, экологические законы и проблемы лесных систем // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2015. Т. 25, № 3. С. 408–415.
5. Картограмма особо охраняемых природных территорий Республики Саха (Якутия). Геопортал Республики Саха (Якутия). [Электронный ресурс]. URL: <https://sakhagis.ru/> (дата обращения: 11.07.2023).
6. Приказ Министерства охраны природы Республики Саха (Якутия) от 10 сентября 2014 г. № 01-05/1-367 «Положение о ресурсном резервате (Эркээйи Сир) республиканского значения “Туобуйа” в Верхневилуйском улусе» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/26750337/> (дата обращения: 18.07.2023).
7. Комплексный атлас Республики Саха (Якутия). ФГУП «Якутское аэрогеодезическое предприятие». 2009. С. 231.
8. Атлас Верхневилуйского улуса (района) республики Саха (Якутия). Якутск: Издательский дом СВФУ, 2014. 56 с.
9. Карта растительности Центральной Якутии. Якутская АССР. Атлас. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. Гос. агропром. ком. Якут. АССР, Гос. ком. РСФСР по нар. образованию, Якут. гос. ун-т. М.: ГУГК, 1989. 115 с.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 910

DOI 10.17513/use.38102

**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГЕОУРБАНИСТИКИ
В XIX–XX ВЕКАХ****Меримова Ю.Ю., Кузьменко Д.Р.***ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,
e-mail: yuliyamerinova@yandex.ru*

В статье рассмотрены основные исторические этапы становления в России урбанистики как отрасли социально-экономической географии. Авторами на основе аналитического обзора ключевых направлений развития, ведущих достижений, изучаемых проблем и результатов научных исследований по географии городов выделены четыре исторических периода формирования отечественной урбанистики с момента ее зарождения в XIX в. вплоть до конца советского периода. С точки зрения авторов, дальнейшие исследования, начиная с 1991 г., можно отнести к современному этапу развития науки в России. Так, первый период представляет начальный этап развития социально-экономической географии и зарождения географии городов в XIX в. Во втором периоде, длящемся с начала XX в. по 1930-е гг., фокус исследований смещается на изучение ключевых концепций развития городского пространства. Последующие два десятилетия определялись исследованиями, направленными на закрепление отечественной научной школы геоурбанистики, географии городов, создание городских классификаций и определение основных функций городов. В четвертый период, с 1960-х гг., развитие урбанистики идет в ключе изучения пространственной организации городов, их планировочной структуры, процессов урбанизации в городах Советского Союза и мира.

Ключевые слова: урбанистика, география городов, геоурбанистика, городские исследования, социально-экономическая география, развитие отечественной науки

**HISTORY OF NATIONAL GEO-URBAN STUDIES DEVELOPMENT
IN THE XIX–XX CENTURIES****Merinova Yu.Yu., Kuzmenko D.R.***Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: yuliyamerinova@yandex.ru*

The article examines the main historical formation stages of the urban studies as a branch of socio-economic geography in Russia. The authors, based on an analytical review of major areas of development, leading achievements, problems and results of scientific research on the urban geography, identified four historical periods of the formation of Russian urbanism, from its inception in the XIX century until the end of the Soviet period. Further research, since the 1991 can be attributed to the modern stage of the development of science in Russia. The first period represents the initial stage of the development of socio-economic geography and the emergence of urban geography in the nineteenth century. In the second period, from 1910 to 1930, the focus of research shifts to the study of urban development main concepts. The next two decades were determined by research aimed at consolidating the national scientific school of urban geography, creating urban classifications and determining the main functions of cities. Further, since the 1960s and 1980s, the development of urban studies has been in the key of studying the spatial organization of cities, their planning structure, the processes of urbanization in different cities of the Soviet Union and the world.

Keywords: urban studies, geography of cities, geo-urban studies, urban research, socio-economic geography, development of science

Урбанистика – интенсивно развивающаяся междисциплинарная область знаний, изучающая процессы урбанизации: возникновения и развития городов, концентрации в них населения, экономического потенциала, распространения городского образа жизни и формирования систем городского расселения. Возрастание внимания к вопросам урбанизации обуславливается постоянным повышением значимости городов в жизни человека, их взаимовлиянием, продолжающимся увеличением урбанизированности мирового населения. Так, к 2018 г. доля городского населения в мире достигла 55%, в развитых странах численность горожан

составляет около 80%, а в слабо развитых и развивающихся странах этот показатель варьируется от 34 до 51%. Согласно прогнозам ООН, общий процент урбанизированного населения мира к 2050 г. вырастет до 60–68% [1].

На формирование и развитие урбанистики как дисциплины, находящейся на стыке наук, оказали такие направления научного знания, как социально-экономическая география, история, социология, архитектура, градостроительство, территориальное планирование. Исследованиями развития урбанистики занимались ученые различных научных направлений. Так, изучение исто-

рии градостроительного образования России отражено в трудах Н.Н. Жеблиенок [2]; особенности исторического развития социологии города рассмотрены в работах И.А. Вершининой [3]; исторической урбанистике посвящены публикации А.В. Трофимова [4] и др. Представленное исследование направлено на анализ становления отечественной урбанистики в рамках социально-экономической географии (геоурбанистики), как одной из фундаментальных дисциплин, изучающих географию городов России.

Цель исследования – анализ особенностей исторического развития геоурбанистики в России как научного направления социально-экономической географии; ее периодизация на основе формирования направлений и работ ведущих отечественных исследователей XIX–XX вв.

Материалы и методы исследования

В исследовании применялся историко-генетический подход, подразумевающий комплексное изучение процесса формирования научного направления, с выявлением влияющих на него факторов, и установление причинно-следственных связей между ними [4]. Согласно данному подходу были условно определены периоды формирования отечественной урбанистики в рамках социально-экономической географии. Выбор временных интервалов связан с анализом научной деятельности наиболее известных ученых-исследователей, занимавшихся изучением городов и урбанизационных процессов, которые привели к формированию новых направлений и концепций урбанистики. На основе рассмотренных работ были выделены четыре исторических периода, с момента зарождения урбанистики в XIX в. и до конца советского периода. С точки зрения авторов, дальнейшее исследование, с 1990-х гг., можно отнести к современному этапу развития науки в России.

Результаты исследования и их обсуждение

Первый период, начавшийся в XIX в., характеризуется формированием социально-экономической географии как науки в целом и выделением внутри нее географии городов. Изучением городов занимались К.И. Арсеньев и П. Крюков.

Константин Иванович Арсеньев (1789–1865) стал основоположником географического районирования, идеи выделения экономической географии из камеральной статистики. Им была разработана первая

концепция пространственного зонирования территории России, выделены отдельные районы в зависимости от их комплексной характеристики, включающей в себя социально-экономические (хозяйство, производство, население) и физико-географические (климат, рельеф, гидрографическая сеть и т.д.) особенности страны. Наибольшее влияние на становление российской урбанистики оказал труд Константина Ивановича «Гидрографическо-статистическое описание городов России с показанием всех перемен, происшедших в составе и числе оных в течение двух веков, от начала XVII столетия и доньше» (1832–1834 гг.). В данной работе впервые был произведен анализ исторического формирования городов, причин их развития и деградации, с наложением их на речную систему России, что позволило выявить закономерности развития городов в зависимости от их положения на речных транспортных путях [5].

Одним из ученых-исследователей XIX в., затрагивавших вопросы районирования и урбанизации, стал *Павел Крюков*. В работе «Очерк мануфактурно-промышленных сил Европейской России, служащий текстом промышленной карты» (1853 г.) впервые был произведен анализ рационального размещения промышленных городов в рамках экономического районирования России, где в качестве недостатков размещения промышленных узлов выделяется их удаленность от месторождений полезных ископаемых, которая влечет за собой большие издержки на их транспортировку [5].

Второй период (1900-е – 1930-е гг.) отличается активным развитием научно-исследовательской деятельности в сфере географии городов России. Активизация темпов индустриализации, вызвавшая рост городских поселений, сформировала необходимость в изучении городов и процессов, происходящих в них [6]. Основными деятелями данного периода стали В.П. Семенов-Тянь-Шанский, М.Г. Диканский, И.М. Гревс и Н.П. Анциферов.

Вениамин Петрович Семенов-Тянь-Шанский (1827–1914) – основоположник крупнейшей научной географической школы, заложивший идеи географического районирования и положения городов как центров развития регионов [5]. В трудах «Город и деревня в Европейской России» (1910 г.), «Район и страна» (1928 г.) В.П. Семенов-Тянь-Шанский произвел анализ урбанизационных процессов, определил особенности пространственной структуры городов, об-

условленные их отраслевой специализацией, выявил зависимость малых городов от больших (центральных), выделил категории городов и общее территориальное районирование России, тем самым развив учение о городах [5].

Также значительный вклад в становление российской урбанистики начала XX в. внес теоретик градостроительства и архитектор *Михаил Григорьевич Диканский* (1869–1938). В работах «Постройка городов, их план и красота» (1915 г.) и «Движение в больших городах. Кризис жилища» (1926 г.) Михаил Григорьевич впервые говорит о ведущей роли концепции нового урбанизма 30/15-минутного города, сопоставляя его размер с длительностью поездки по нему в 30 мин при использовании различных средств передвижения, также исследуя особенности организации пешеходных потоков внутри урбанизированных зон [6].

Иван Михайлович Гревс (1860–1941), историк, педагог и краевед, активно занимался исследованием городов Западной Европы и России. В труде «Город как предмет краеведения» (1924 г.) И.М. Гревс сформировал методологию локального городского краеведения, рассмотрел практическое изучение города в комплексном подходе, делая основной упор на его историю формирования, структуру и морфотипы. Иван Михайлович связывал изучение города не только с внешними характеристиками, но и с историческим прошлым, которое формирует более целостное представление о городе как месте концентрации определенной культуры с уникальным территориальным положением [7].

Выдающийся исследователь, культуролог, историк-краевед *Николай Павлович Анциферов* (1889–1958) рассматривал проблемы изучения городов через комплексный подход в трудах «Как изучать свой город: в плане школьной работы» (1929 г.), «Пути изучения города, как социального организма: Опыт комплексного подхода» (1925 г.). Н.П. Анциферов оказал большое влияние на развитие краеведения, выявив причинно-следственные связи истории формирования городов, их функциональных особенностей и территориальной структуры как единого социального городского пространства [8].

Третий период (1940-е – 1950-е гг.). Этот период связан с послевоенным всплеском индустриализации и значительно усилившейся урбанизацией, что привело к формированию новых концепций и методов изучения городов. Наибольшее влияние на развитие урбанистики в этот период ока-

зали: Н.Н. Баранский, О.А. Константинов, И.М. Маергойз, Ю.Г. Саушкин, Р.М. Кабо, Л.Е. Иофа и др. Город исследовался и как социально-экономический объект с выделением его признаков, классификаций, особенностей экономико-географического положения и географического разделения труда; и как историко-культурный объект, где большое значение придавалось особенностям их исторического развития; и как система расселения человека с ее специфической территориальной структурой [6].

Ярчайшим представителем социально-экономической географии XX в. являлся *Николай Николаевич Баранский* (1881–1963). Помимо его заслуг в формировании отечественной школы социально-экономической географии и утверждении статуса географии как науки, он оказал большое влияние на формирование географии городов [6]. Николай Николаевич заложил основные принципы отечественной урбанистики, включающие изучение экономико-географического положения городов и их характеристику, типологию и функции, особенности демографического состава, морфотипы застройки, планировочные и транспортные системы, выделил каркас расселения территории, где узловыми точками являются города – что послужило мощнейшей базой для развития урбанистики в России и в мире [6].

Олег Аркадьевич Константинов (1903–1986), ведущий ученый экономико-географ, оказал влияние на обособление географии городов из социально-экономической географии. На Первом всесоюзном географическом съезде (1933 г.) поднял вопрос необходимости создания социально-экономической типологии городов и выработки их классификационных признаков, а также разработки системы экономического районирования городов в СССР [9].

Значительный вклад в становление отечественной урбанистики внес *Исаак Моисеевич Маергойз* (1908–1975) – экономико-географ и урбанист. В 1945 г. выходит важная в исследовании городов работа Исаака Моисеевича «Экономико-географическое положение Сталинграда». Период 1940–1950 гг. стал этапом исследований, посвященных характеристике экономико-географического положения других городов – Киева, Будапешта, Вены и Праги [10].

Известным социально-экономическим географом являлся *Юлиан Глебович Саушкин* (1911–1982) – ученик Н.Н. Баранского, развивавший его научные направления. В своих работах Юлиан Глебович рассма-

тривал проблемы взаимодействия человека и природы, особенности хозяйственной деятельности человека, используя при этом математические методы в географии [6]. Немаловажное влияние Ю.Г. Саушкин оказал на развитие географии городов. В его работе «Географические очерки природы и сельскохозяйственной деятельности населения в различных районах Советского Союза» (1947 г.) анализировались особенности организации сельской жизни и влияние природных факторов на развитие сельского хозяйства [11]. Также поднимались вопросы о необходимости формирования методов экономико-географического прогнозирования, которые учитывали бы развитие и взаимодействие природных и социально-экономических процессов стран, регионов и городов [11]. Работы Юлиана Глебовича продолжали оказывать существенное влияние на развитие отечественной урбанистики и в последующее время. Так, в 1960-х – 1980-х гг. им рассматривались особенности исторического формирования Москвы, ее географического положения, людности, промышленного, культурного, научного потенциала, природных условий, структурно-планировочных особенностей, транспортной системы, также производилась сравнительная характеристика с иными крупнейшими городами мира.

Рафаил Михайлович Кабо (1886–1957) – знаменитый географ-этнограф, занимавшийся научной деятельностью в том числе в сфере изучения населенных пунктов. К наиболее важным работам Рафаила Михайловича по этому направлению относятся: «Города Западной Сибири. Очерки историко-экономической географии (XVII – нач. XIX вв.)» (1949 г.), «Объективные связи между развитием народного хозяйства, размещением отраслей производства и процессом формирования районов» (1956 г.), «География городских и сельских поселений» (1959 г.) [12]. Важный вклад в развитие отечественной географии городов внесла монография «Города Урала. Часть I. Феодалный период» (1951 г.), выполненная известным советским географом *Леонидом Евгеньевичем Иофа* (1908–1974).

Четвертый период (1960-е – 1980-е гг.) посвящен активному изучению городов России, улучшению методов исследования городов, созданию крупных научных центров в Ленинграде и Москве по изучению урбанизации и формирования городской среды [6]. Увеличилось количество и качество работ в сфере районной планировки,

генеральных и региональных систем расселения СССР, что способствовало развитию более практико-ориентированных методов совершенствования городских территорий. Среди наиболее известных географов-урбанистов, помимо продолжающих научную деятельность ученых третьего периода, можно выделить Г.М. Лаппо, В.Г. Давидовича, Б.С. Хорева, Е.Н. Перцика, В.Л. Глазычева. Вопросы географии городов и городских систем затрагивались в работах широкого круга ученых-географов, в том числе В.В. Покшишевского, Н.Т. Агафонова, А.А. Высоковского, В.М. Харитонова, а также других исследователей.

Одним из величайших географов-урбанистов был *Георгий Михайлович Лаппо* (1923–2020). Как ученик Ю.Г. Саушкина, он продолжал развитие отечественной геоурбанистики, специализируясь на исследовании эволюции и пространственной организации расселения населения, особенностей агломераций, выделении типологий городов, каркаса расселения и территориальной дифференциации хозяйственных комплексов [13]. Если в 1950-х – 1960-х гг. работы Г.М. Лаппо были преимущественно посвящены исследованию городов Центрального экономического района (в том числе кандидатская «Города Московской области. Экономико-географическое исследование городов Московской области в связи с проблемами расселения» (1962 г.) и докторская «Экономико-географические проблемы развития крупных городских агломераций СССР» (1975 г.) диссертации), то начиная со второй половины 1960-х гг. анализируются принципы урбанизации и проблемы малых и крупных городов в масштабе всего СССР. Особую роль приобретают исследования агломераций и опорного каркаса расселения, новых направлений развития советской геоурбанистики [13].

Владимир Георгиевич Давидович (1906–1978) – известный советский ученый, занимавшийся вопросами теории расселения, географии городов, градостроительства и районной планировки. В трудах «О типологии расселения в группах городов и поселков СССР» (1956 г.), «Расселение в промышленных узлах» (1960 г.) и «Планировка городов и районов» (1964 г.) были предложены новые подходы к классификации городов, методы регионального исследования расселения, его закономерностей, форм, структуры и динамики, изучены особенности расселения в пригородных зонах, городских агломерациях и городах-спутниках [14].

Значительную роль в формировании отечественной урбанистики сыграл *Борис Сергеевич Хорев* (1932–2003), занимавшийся вопросами общей социально-экономической географии, демографии, урбанистики, регионоведения, географической глобалистики, геополитики и экологии. Наиболее важными работами по урбанистике являются многочисленные статьи, учебные пособия и монографии, где рассматриваются проблемы урбанизации – «Городские поселения СССР: Проблемы роста и их изучение. Очерки географии расселения» (1968 г.) [15], городского населения, городов и сельских поселений – «Проблемы городов: Урбанизация и единая система расселения в СССР» (1975 г.) [16].

Большое влияние на развитие отечественной урбанистики и градостроительства оказал *Евгений Наумович Перцик* (1931–2020), значительно расширивший возможности применения географии на практике, в особенности в географическом прогнозировании и исследовании экономико-географического положения городов. Особенность его научной деятельности состояла в сочетании социально-экономической географии с градостроительством и районной планировкой, образующем наиболее практико-ориентированный, комплексный и востребованный подход к изучению городских пространств [17]. Значительная часть работ Евгения Наумовича отведена исследованиям городов Сибири, чему был посвящен ряд трудов

в 1970-х – 1980-х гг., к знаковым трудам также можно отнести работы «Районная планировка. Географические аспекты» (1973 г.), «Геоурбанистика (география городов)» (1991 г.) и др. [17].

Существенный вклад в развитие урбанистики, архитектуры и искусствоведения внесли исследования *Вячеслава Леонидовича Глазычева* (1940–2020). Выдающимися для своего времени были работы Вячеслава Леонидовича «Предпосылки формирования архитектуры Москвы как образцового коммунистического города» (1976 г.), «Город людей» (1976 г.), «Организация архитектурного проектирования» (1977 г.), «Социально-экологическая интерпретация городской среды» (1984 г.) и т.д. [18].

Еще одно важное имя для географии – *Вадим Вячеславович Покшишевский* (1905–1984) – классик социально-экономической географии, посвятивший большое количество работ географии населения СССР и зарубежных стран, сформировав отечественную научную школу географии населения. В работе «География мирового процесса урбанизации» (1981 г.) Вадим Вячеславович рассматривал этнические процессы урбанизации в СССР и иных странах [19].

Заключение

На основе рассмотренных научных трудов известных отечественных географов можно условно выделить определенные периоды развития геоурбанистики в России с XIX в. по 1991 г. (таблица).

Характеристика исторических периодов развития отечественной геоурбанистики

Периоды, годы	Основная характеристика периода	Ведущие исследователи
Первый период (XIX в.)	Формирование географии городов в рамках социально-экономической географии, выявление пространственных особенностей размещения городов	К.И. Арсеньев, П. Крюков
Второй период (1900-е – 1930-е гг.)	Определение базовых концепций развития городского пространства; изучение территориальной структуры городов России; исследование промышленной специализации; определение транспортной доступности городской среды; город как историко-культурное и социальное пространство	В.П. Семенов-Тянь-Шанский, М.Г. Диканский, И.М. Гревс, Н.П. Анциферов и др.
Третий период (1940-е – 1950-е гг.)	Создание отечественной научной школы географии городов. Развитие классификаций городов, выявление их основных функций, районирование территории, исследования каркаса расселения, определение типов планировочной структуры городского пространства	Н.Н. Баранский, О.А. Константинов, Ю.Г. Саушкин, Р.М. Кабо, Л.Е. Иофа, И.М. Маергойз и др.
Четвертый период (1960-е – 1980-е гг.)	Значительное увеличение урбанистических исследований в науке; дальнейшее изучение структуры расселения, пространственной организации городов и крупных агломераций, особенностей их планировочной и транспортной систем, анализ процессов урбанизации в различных городах мира	Г.М. Лаппо, Е.Н. Перцик, Б.С. Хорев В.Л. Глазычев, В.Г. Давидович, В.В. Покшишевский и др.

Примечание: составлено авторами.

В каждом из них были выделены ведущие направления исследований городского пространства, представлены отдельные научные работы, ставшие знаковыми для своего времени. Развитие геоурбанистики в постсоветский период представляет собой следующий этап формирования современной науки, для которого характерно проявление новых тенденций междисциплинарных исследований городов.

Разработанная периодизация позволяет сформировать представления о генезисе урбанистики в России, проследить основные тенденции ее становления, выявить характерные особенности практической реализации. Успешность формирования комфортной городской среды, как ключевой задачи современного общества, во многом зависит от дальнейшего развития географии городов, совершенствование которой сложно представить без опоры на богатейший опыт сложившихся научных школ социально-экономической географии и осмысления научного наследия ведущих ученых – основоположников отечественной геоурбанистики.

Список литературы

1. Коряков А.Г., Басалов С.Г., Баранов Д.Н., Тенденции развития процесса урбанизации в мире с прогнозом до 2059 г. // Московский экономический журнал. 2017. № 2. С. 12–32.
2. Жеблиенок Н.Н. Градостроительство как профессия и направление обучения в России. М.: СПбГАСУ, 2016. 222 с.
3. Вершинина И.А. Онтогенез глобального города: перспективы и риски для человечества // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. 2022. № 3. С. 196–205.
4. Трофимов А.В. Российская историческая урбанистика: проблемы историографии // Город, социум, среда: история и векторы развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Нижний Тагил, 15 сентября 2017 г.). Нижний Тагил: ФГАОУ ВО «НГТПСИ», 2017. С. 25–29.
5. Саушкин Ю.Г. Географическая наука в прошлом, настоящем, будущем. М.: Просвещение, 1980. 269 с.
6. Бабурин В.Л., Савоскул М.С. Теоретические и методические подходы в экономической и социальной географии. М.: Географический факультет МГУ, 2019. 270 с.
7. Смирнова А.Г. Опыты построения п/отдела города (из документального наследия И.М. Гревса) // Вестник РГГУ. Серия: Литературоведение. Языкознание. Культурология. 2014. № 17. С. 225–240.
8. Лаппо Г.М. География городов. М.: ГИЦ ВЛАДОС, 1997. 480 с.
9. Жеблиенок Н.Н. К дискуссии о фундаментальных основах системы градостроительного образования РФ // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 1 (60). С. 29–36.
10. Трейвиш А.И., Полян П.М. Маергойз Исаак Моисеевич // Общенациональный интерактивный энциклопедический портал «Знания». 2020. № 10.
11. Катровский А.П., Шувалов В.Е. Юлиан Глебович Саушкин: творческое наследие и современность // Региональные исследования. 2021. № 3 (73). С. 5–13.
12. Отечественные этнографы и антропологи. Кабо Р.М. [Электронный ресурс]. URL: http://ethnographica.kunstkamera.ru/w/index.php?title=Кабо_Рафаил_Михайлович (дата обращения: 21.07.2023).
13. Агирречу А.А., Глезер О.Б., Лаппо Е.Г. Георгий Михайлович Лаппо (1923–2020): веки биографии и научное наследие // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 6. С. 953–960.
14. 100 лет со дня рождения Владимира Георгиевича Давидовича. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2006/0251/nauka03.php> (дата обращения: 22.07.2023).
15. Хорев Б.С. Городские поселения СССР: (Проблемы роста и их изучение): Очерки географии расселения. М.: Мысль, 1968. 256 с.
16. Хорев Б.С. Проблемы городов: (Урбанизация и единая система расселения в СССР). М.: Мысль, 1975. 428 с.
17. Агирречу А.А. Е.Н. Перцик – путь от практики к теории // Геоурбанистика и градостроительство: теоретические и прикладные исследования: сборник статей. М.: Географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 2021. С. 305–324.
18. Сайт памяти В.Л. Глазычева. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.glazychev.ru/publications/articles.htm> (дата обращения: 22.07.2023).
19. Покшишевский В.В. Этнические процессы в городах СССР и некоторые проблемы их изучения. М.: Наука, 1969. 315 с.

СТАТЬИ

УДК 550.834:553.98(268.53)

DOI 10.17513/use.38103

**ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
АНАБАРО-ОЛЕНЕКСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ЗОНЫ,
ШЕЛЬФОВ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ****Оболкин А.П., Слепцова М.И.***ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН» Институт проблем нефти и газа СО РАН,
Якутск, e-mail: msleptsova@mail.ru*

Изучены материалы отчетов и публикаций по сейсмогеологической характеристике Анабаро-Оленекской структурной зоны, шельфов моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Выполненная работа направлена на уточнение, детализацию и повышение достоверности дальнейших исследований, предварительно актуализированных в процессе научного изучения материалов геологоразведочных работ прошлых лет. Рассмотрены геологические факторы, влияющие на распределение средних и интервальных скоростей сейсмических отражающих волн осадочного чехла. Для всей территории исследователями установлено увеличение пластовых и средних скоростей в осадочном чехле по мере увеличения его мощности. Такая зависимость обычна для континентальной части платформы. В шельфовых отложениях северных морей Якутии скоростная зависимость определяется тектоническими и магматическими факторами, которые становятся определяющими для хребта Гаккеля, Гипербореи и Новосибирско-Чукотской структурной зоны. В западной части моря Лаптевых поверхность консолидированной коры соответствует поверхности кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста. На остальной территории, в волновом сейсмическом поле, фундаментом является асинхронная акустическая граница поверхности метаморфизованных и дислоцированных толщ, имеющих возрастную интервал от рифея до палеогена. Наблюдаемая сложная волновая картина и различные варианты привязки сейсмических отражающих горизонтов, на взгляд авторов, в большей мере обусловлены структурно-тектоническими особенностями эволюции и взаимодействия Сибирской платформы, Гипербореи, Верхояно-Колымской складчатой области, Арктического плюма, Новосибирско-Чукотской структурно-тектонической зоны.

Ключевые слова: углеводороды, Анабаро-Оленекская структурная зона, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, скорости сейсмических волн, акустический фундамент

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.

**FEATURES OF THE SEISMOGEOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF THE ANABAR-OLENEK STRUCTURAL ZONE, THE SHELVES
OF THE LAPTEV SEA AND THE EAST SIBERIAN SEA****Obolkin A.P., Sleptsova M.I.***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: msleptsova@mail.ru*

The materials of reports and publications on the seismogeological characteristics of the Anabar-Olenek structural zone, the shelves of the Laptev Sea and the East Siberian Sea have been studied. The work performed is aimed at clarifying, detailing and increasing the reliability of further research, previously updated in the process of scientific study of geological exploration materials of past years. The geological factors affecting the distribution of average and interval velocities of seismic reflection waves in the sedimentary cover are considered. For the entire territory, researchers have established an increase in reservoir and average velocities in the sedimentary cover as its thickness increases. This dependence is typical for the continental part of the platform. In the shelf deposits of the northern seas of Yakutia, the velocity dependence is determined by tectonic and magmatic factors, which become decisive for the Gakkel Ridge, Hyperborea, and the Novosibirsk-Chukotka structural zone. In the western part of the Laptev Sea, the surface of the consolidated crust corresponds to the surface of the Archean-Lower Proterozoic crystalline basement. In the rest of the territory, in the wave seismic field, the foundation is the asynchronous acoustic boundary of the surface of metamorphosed and dislocated strata with an age interval from the Riphean to the Paleogene. The observed complex wave pattern and various options for seismic reflector binding, in the opinion of the authors, are largely due to the structural and tectonic features of the evolution and interaction of the Siberian platform, Hyperborea, the Verkhoyansk-Kolyma folded region, the Arctic plume, the Novosibirsk-Chukotka structural-tectonic zone.

Keywords: hydrocarbons, Anabar-Olenek structural zone, Laptev Sea, East Siberian Sea, seismic wave velocities, acoustic basement

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 the scientific equipment of the Center for Shared Use of the Federal Research Center «The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» within the framework of grant No. 13.TsKP.21.0016.

В Северо-Восточной части Республики Саха (Якутия) перспективными на углеводородное сырье являются шельфы моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, а также крупная межгорная Индигиро-Зырянская впадина и приморские впадины в приустьевых частях рек Индигирки, Колымы и Яны. Перспективные территории в пределах Северо-Востока РС(Я) оцениваются как потенциально нефтегазоносные с достаточно высоким прогнозным углеводородным потенциалом [1].

Сейсморазведочная изученность исследуемых континентальных и шельфовых территорий Якутии относительно западных областей Восточной Сибири невысока. На южном побережье моря Лаптевых в пределах Анабаро-Оленекской структурной зоны (АОСЗ), на побережье Восточно-Сибирского моря сейсмические работы в разные годы проводились трестом «Якутскгеофизика» и ПГО «Ленанефтегазгеология». В районе Хатангского залива работы проводились ПГО «Енисейгеофизика» и трестом «Красноярскнефтегазразведка». В 1981–1988 гг. в восточной части АОСЗ были проведены поисково-рекогносцировочные работы МОГТ. В последующем в этом регионе выполнен ряд работ по уточнению привязки отражающих горизонтов (ОГ) к разрезам пробуренных скважин. Плановое изучение акватории моря Лаптевых сейсморазведкой МОВ ОГТ началось в середине 1980-х гг. МАГЭ, ПГО «Севморгеология» (1984–1988; 1990), трестом «Севморнефтегеофизика» (СМНГ) (1989), ЛАРГЕ [2, 3]. В 1993–1994 гг. и в 1997 г. на шельфе моря Лаптевых и частично Восточно-Сибирского моря Федеральным институтом геологии и природных ресурсов Германии (BGR) совместно с трестом СМНГ было отработано 11800 пог. км профилей МОВ ОГТ. Они показали на сложное строение осадочного чехла шельфа и разные взгляды на результаты геологической интерпретации полученных геофизических данных. Вопросы геологического строения рассматриваемых территорий подробно освещены в работах российских ученых [4–6]. Существуют разные варианты геологической интерпретации сейсмического волнового поля (СВП) прибрежных районов и шельфов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. В данной работе рассмотрены геологические факторы, влияющие на распределение средних и интервальных скоростей СВП и проявление акустического фундамента в названных районах. Исследование направлено на уточнение, детализацию и по-

вышение достоверности дальнейших исследований, предварительно актуализированных в процессе научного изучения материалов геологоразведочных работ прошлых лет. Целью исследования является обзор и анализ сейсмогеологических характеристик исследуемых территорий с целью дальнейшей разработки оптимальной геологической основы для рационального размещения работ на нефть и газ в слабоизученных прибрежных районах и на шельфах прилегающих арктических морей.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются прибрежные территории Якутии: Анабаро-Оленекская структурная зона и шельфы морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Материалами исследований послужили результаты сейсмических работ, проведенных в разные годы в пределах континентальной части прибрежной зоны в Анабаро-Оленекской структурной зоне, где пробурен ряд параметрических скважин, и результаты исследований шельфов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Методология исследования основана на обобщении и анализе имеющихся данных сейсморазведочных исследований: интервальных и средних скоростей СВП; особенностей распространения сейсмических отраженных волн, их индексации и геологической интерпретации.

Результаты исследования и их обсуждение

Анабаро-Оленекская структурная зона. По данным глубинного сейсмозондирования (ГСЗ) подошва консолидированного чехла – раздел Мохо, в пределах АОСЗ прослежена на глубинах 30–40 км. Наблюдается сокращение толщины чехла к северу, по мере приближения к Северному Ледовитому океану (СЛО). По кровле кристаллического фундамента в ряде районов спорадически выделяется ОГ Ф (F, R, R₀₀) в виде двухфазного, средне- и низкочастотного колебания. Пластовые скорости образований фундамента АОСЗ лежат в пределах 4700–7000 м/с. Наиболее высокие скорости характерны для кристаллических сланцев, низкие – для гранитов [7]. Рифейские комплексы АОСЗ изучены по сейсмическим данным и отдельными скважинами. На дневную поверхность они выходят на Сололийском поднятии Оленекского свода. Они выполняют прогибы и впадины в основании АОСЗ.

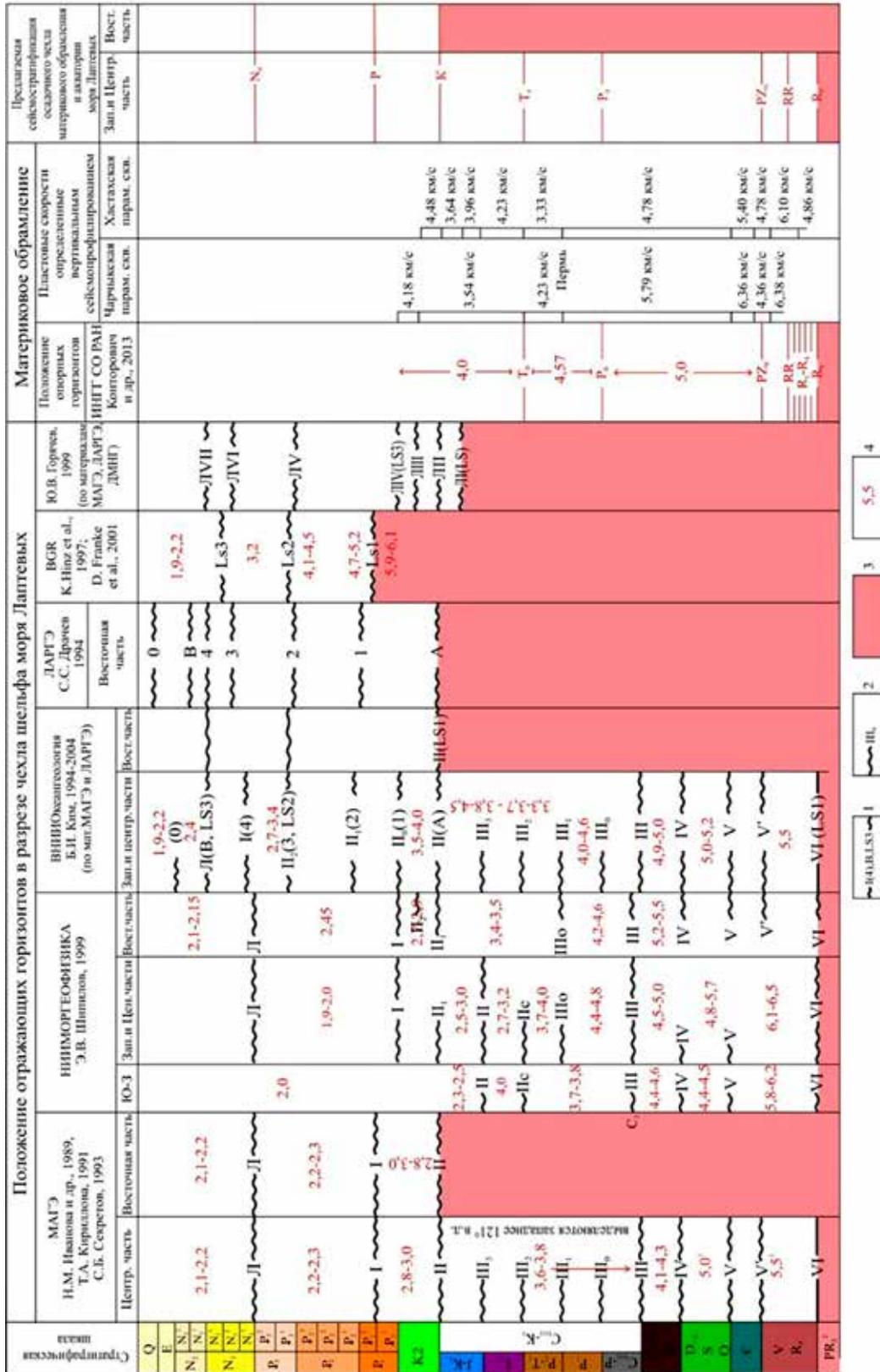


Рис. 1. Стратификация отражающих горизонтов в осадочном чехле шельфа моря Лаптевых и материкового обрамления: 1 – отражающие горизонты и их индексы (в скобках указаны индексы горизонтов на профилях ЛАРГЭ и ВГР); 2 – отражающие горизонты, локально распространённые; 3 – фундамент, 4 – пластовые скорости

Мощность рифейских образований в погруженных частях прогибов и впадин достигает нескольких километров [8]. В СВП выделен ряд ОГ, характеризующих нижне-, средне- и верхнерифейские отложения (R_1, R_2, R_3). Свиты, вскрытые скважинами и (или) выходящие на дневную поверхность, получили индексацию (Бурская скв. 3410 – $RF_3 tk$ тукуланская, $RF_3 kl$ куландинская, $RF_3 hst$ хастахская, $RF_3 tml$ таймыльская). Пластовые скорости образований рифея на большей части территории находятся в пределах 5000–6000 м/с (рис. 1) [7]. Наиболее низкие скорости связаны с терригенными, а высокие – с карбонатными разностями. Отмечается увеличение пластовых скоростей в зонах проявлений метаморфизма в наиболее погруженных частях прогибов и впадин, где они достигают 6000–7000 м/с, становясь одинаковыми с подстилающими образованиями фундамента. Карбонатно-галогеенные и терригенные образования венд-кембрия прослежены по данным бурения и сейсморазведки по большей части рассматриваемой территории, за исключением ряда поднятий и выступов в ее южной части, где они ограничены среднепалеозойской эрозионной поверхностью. Пластовые скорости этой толщи определяются ее литологическим составом, терригенные, глинистые и галогеенные отложения являются наиболее низкоскоростными, до 4500 м/с, в карбонатных отложениях

они могут достигать 6500 м/с. Пластовые скорости девонских карбонатно-галогеенных пород близки венд-кембрийским. Вышележащие отложения карбона, перми сформировались в прибрежно-морских условиях, сложены песчаниками, алевролитами, аргиллитами, мергелями и карбонатами. Пластовые скорости по данным бурения варьируют в пределах 3500–4500 м/с (рис. 1). В западной части площади осадочный разрез насыщен интрузиями траппов раннетриасового возраста. Пластовые тела траппов в СВП отчетливо выделяются в карбонатной части разреза ввиду их низких пластовых скоростей, (3000 м/с). Вышележащие отложения триаса сложены интрузиями траппов и туфогенно-осадочными образованиями. Отраженные волны от подошвы и кровли триаса прослежены по всей территории, образуя в СВП опорные сейсмические горизонты ТП (пермь-триас) и ЮТ (триас-юра). Породы юры и нижнего мела сложены континентальными и прибрежно-морскими литофациями, мощность которых (до 3000 м) возрастает к северу. Характеризуется пластовыми скоростями до 2500–4000 м/с. В отложениях юры выявлены различные проявления магматизма с большим разнообразием состава и формы слагающих тел. ОГ Ю1–Ю3, К1, привязанные к подошвам названных интервалов, в целом проявляются невыразительными отраженными волнами.

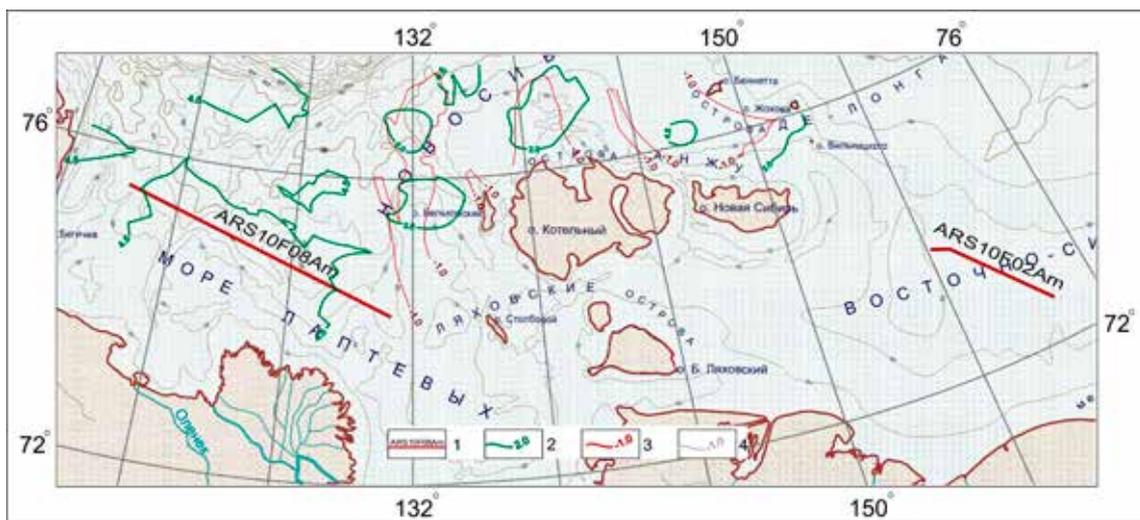


Рис. 2. Фрагмент из схем геофизической изученности Восточно-Арктического региона с изменениями [10]: 1 – прилагаемые разрезы ARS10 (рис. 2–4); 2 – средние сейсмические скорости до поверхности акустического фундамента Φ_a – 2,0 и <, 4,5 и >, изотаха, км/с (фрагменты из карты средних скоростей до поверхности акустического фундамента на Лаптевоморском шельфе); 3 – минимальные абсолютные значения отражающего горизонта Φ_a , км (фрагменты из структурной карты поверхности акустического фундамента осадочных бассейнов Чукотского и Восточно-Сибирского морей); 4 – изобата, м

Шельф моря Лаптевых разделяется на два сектора – Западный и Восточный. Кровля консолидированной коры на шельфе моря Лаптевых маркируется ОГ IV, R₀ (рис. 1–3) [9, 10].

Ее прослеживание у ряда авторов довольно условно, ввиду сложного строения нижней части разреза. Нижнюю часть консолидированной коры в СЛО, по мнению ряда исследователей, характеризует ОГ М. Эта граница связывается с разделом Мохо. В отличие от континентальной части, в ряде районов СЛО на временных разрезах, позднее ОВ (отражающая волна) М, присутствуют невыдержанные рефлекторы различной направленности. Эта часть коры характеризуется интервальными скоростями 7,0–7,6 км/с. ОГ М прослежен на глубинах от 23 до 31 км (6,5–9 с и более), ОГ К выделен на более ранних временах, чем ОГ М. Предполагается, что он отражает появление в СВП поверхности Конрада. Среди ряда ОВ наиболее устойчивыми и повсеместно прослеженными, помимо Фа, являются: LS2 – граница эоцена и олигоцена и LS3 – в верхнемиоценовом интервале разреза. В Лаптевоморском бассейне выделен промежуточный структурный интервал, в который входят слабдеформированные интервалы, не входящие в дислоцированные толщи ниже подошвы верхнего мела. Отдельные исследователи считают, что в нее входит интервал разреза между нижнекарбонным и нижнемеловым комплексами осадочного чехла как континентального, так и шельфового сегментов рассматриваемой территории.

Шельф Восточно-Сибирского моря (ВСМ) (рис. 1, 2, 4). Мощность верхней коры Восточно-Сибирского моря составляет от 2,5 км на шельфе до 13 км на хребте Ломоносова с интервальными скоростями 6,1–6,5 км/с. Мощность нижней коры оценена от 12 км на шельфе до 2–8 км на хребте Ломоносова со скоростями 6,8–6,9 км/с.

Установлен подъем поверхности М в северном направлении от 35–38 км на юге до 26–36 км на севере шельфа. Строение шельфа ВСМ отображено построениями по поверхностям несогласий, разделяющих сейсмические комплексы, имеющие различную индексацию у разных авторов: ОГ А, LS 1–3,6; ESS1–2, ESS2base, ESS3–ESS6; ARS1–6 и др. (рис. 1–4). Промежуточный слой на северном склоне шельфа охватывает возрастной интервал от среднего девона в восточной части до ранней юры в западной части ВСМ, вздымаясь с севера на юг до образований миоцена (рис. 3, 4).

Часть разреза ниже кристаллического фундамента изучена по ОГ М, F, VIII, VII. ОГ верхней части разреза на востоке ВСМ имеют привязку к морским скважинам на шельфе Аляски. Здесь применены индексы ОГ ДМНГ и ARS, привязанные к поверхностям несогласий [10]. Вместе с тем прослеживание ряда ОГ в зонах субсогласного залегания в бассейнах и размывов на склонах поднятий, где возможно отсутствие признаков несогласий, допускает различные варианты корреляции ОГ. Особенностью южной части шельфа ВСМ является существование мощной дислоцированной толщи между подошвой консолидированной коры ОГ М и А, Фа (рис. 2–4). Эта толща входит в Новосибирско-Чукотскую структурно-тектоническую зону (НЧСТЗ), сформированную в несколько этапов, начиная с девона. Толщина коры оценена в 20–35 км, из которых на осадочный чехол приходится 11–12 км. Дислоцированная часть осадочного чехла не расчленена.

В обрамлении Новосибирских островов в пределах приподнятых тектонических блоков Котельничского поднятия установлены минимальные глубины залегания отражающего горизонта Фа от – 2 до –1 км (рис. 2). Верхний слой консолидированной коры характеризуется интервальными скоростями сейсмических волн 6,6–7,2 км/с. Средние скорости до акустического фундамента меняются от 1,7 км/с к северу от Новосибирских островов до 5,25 км/с в западной части моря Лаптевых (рис. 2).

В структурно-тектонической зоне Гаккеля, образованного Арктическим плюмом, присутствуют вулканы формирующегося океанического ложа, образующие двухслойную толщу. Возраст этих образований оценен от третичного до миоценового. ОВ Фа в этой зоне может проводиться по кровле нижнего слоя. В разрезе осадочного чехла ВСМ в ряде регионов выявлены сейсмofации вулканогенно-осадочных образований. Возраст этих отложений, по аналогии с выходами вулкаников на дневную поверхность на Новосибирских островах, определен поздним мелом. Пластовые скорости этих образований 2000–3000 м/с.

СВП СЛО разделяется на верхнюю и нижнюю части. Если верхняя часть характеризуется строением типичным для северных морей, объединенных в единый циркумполярный бассейн, то нижняя часть состоит из ряда надпорядковых структур, каждая из которых формировалась в тектоническом режиме, отличном от соседних.

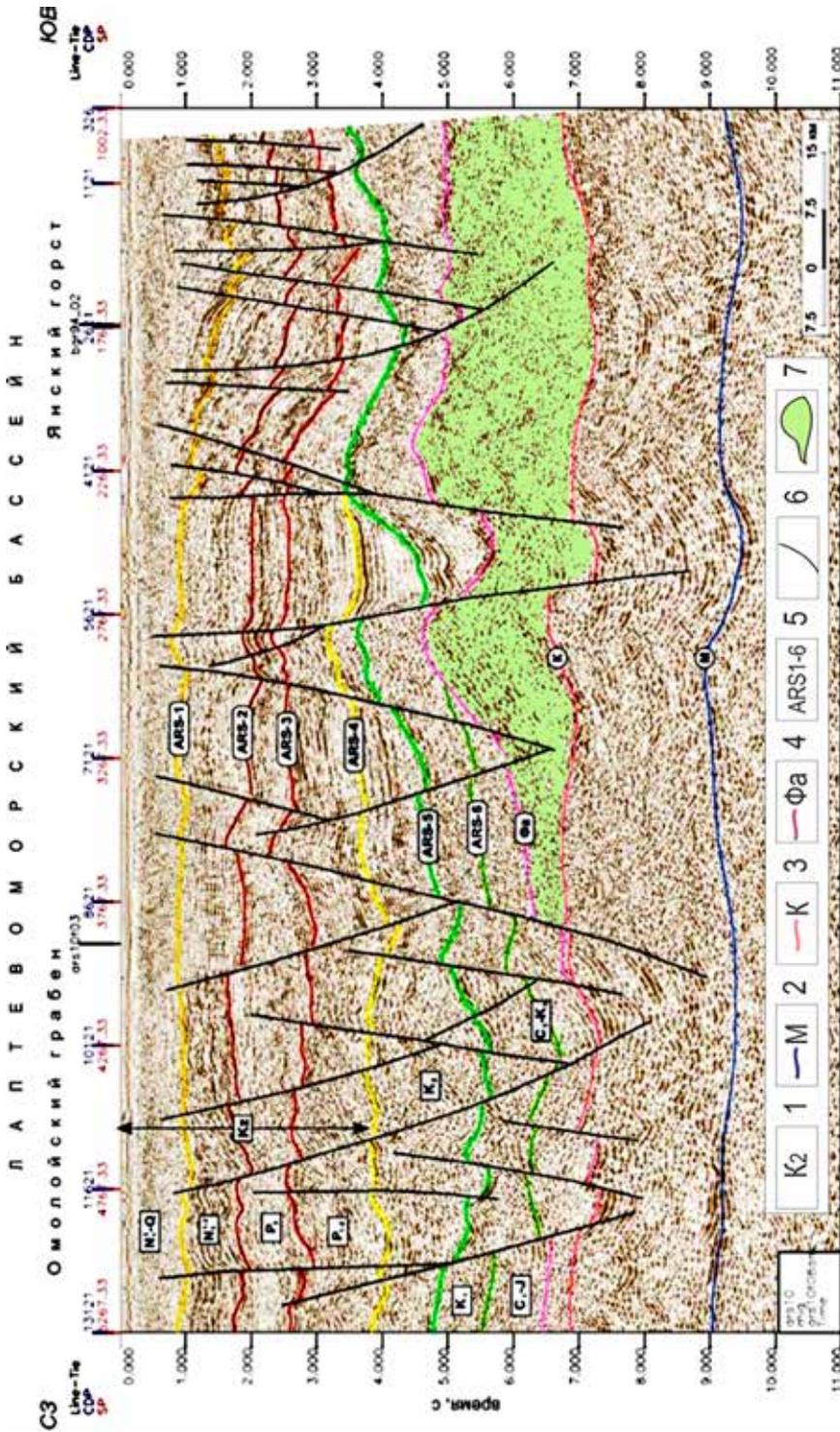


Рис. 3. Волновое поле земной коры моря Лаптевых. Фрагмент временного разреза по профилю ARS10F08Am [10] с дополнениями: 1 – геологические индексы; 2 – граница Мохоровичича; 3 – граница Конрада; 4 – акустический фундамент; 5 – несогласия ARS-5 и ARS-4 разделяют осадочный чехол на карбон-нижнемеловой (?), верхнемеловой и кайнозойский комплексы; С.г. ARS-6 приурочен к кровле карбон-юрского (?) подкомплекса, ARS-3 приурочен к кровле палеоцен-эоценового, ARS-2 – олигоценового, ARS-1 – нижне-среднемиоценового подкомплекса; 6 – тектонические нарушения (1–6 по [10]); 7 – Новосибирско-Чукотская структурно-тектоническая зона

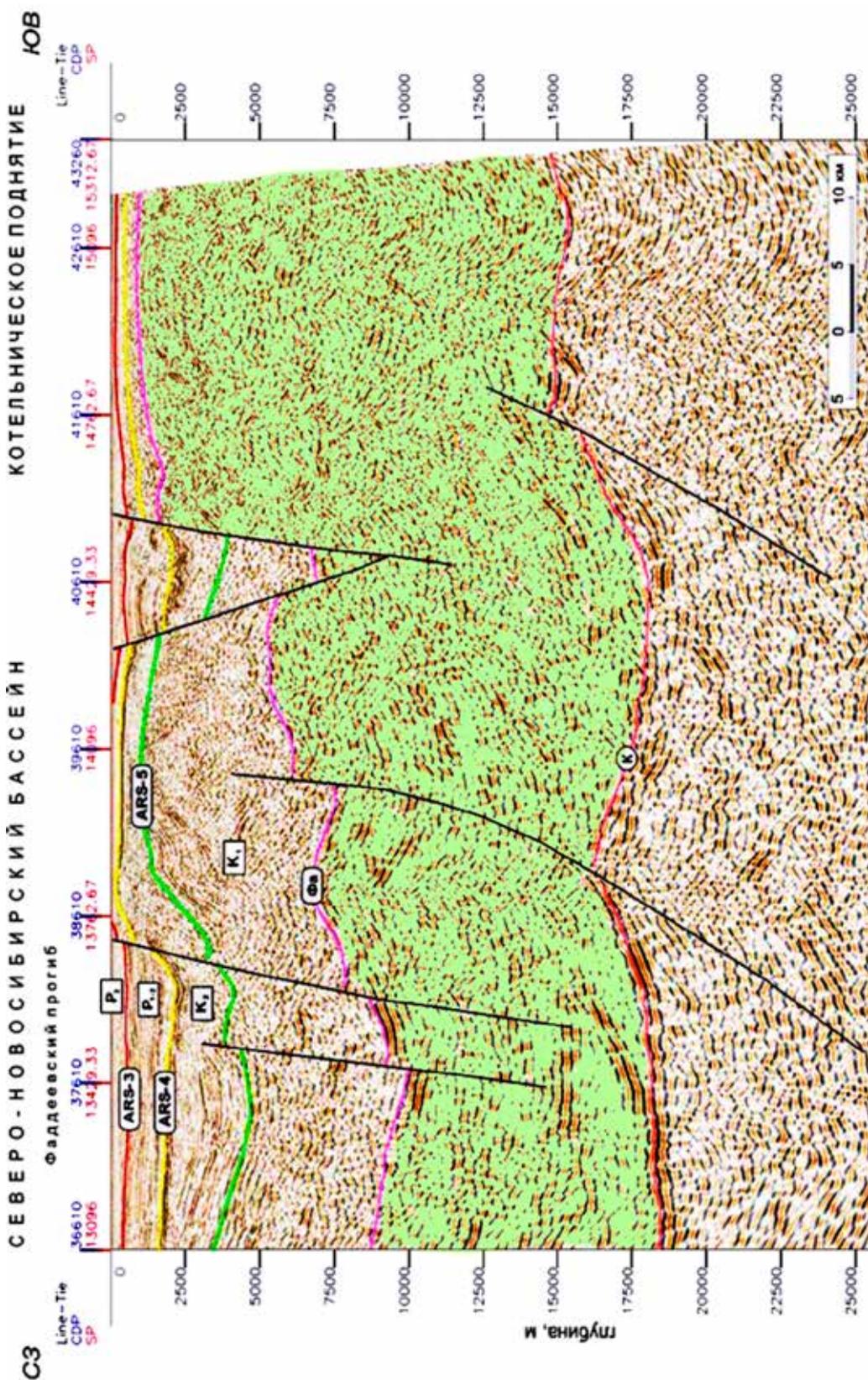


Рис. 4. Глубинный сейсмогеологический разрез Восточно-Сибирского моря по профилю ARS10F02At [10] с дополнениями (условные обозначения на рис. 3)

Отсутствие глубокого морского бурения в российском сегменте СЛО и особенности структурно-тектонического строения переходной зоны континент – океан привели к различным взглядам на стратификацию одних и тех же сейсмических ОГ нижней части разреза и, как следствие, на историю геологического развития. По результатам работ ряда научных организаций опубликованы обобщающие исследования с целью выработки единой привязки сейсмических отраженных волн, выявленных в ходе производственных работ на шельфе и побережье. Однако единого мнения до настоящего времени не выработано. Как показано в ранних исследованиях института по этой тематике, А.Ф. Сафроновым был показан вариант близкий привязке ОГ, предложенный Б.И. Кимом (рис. 1) [11, 12].

Начиная с первых исследований на шельфе, было установлено, что в ряде районов в зонах высокой дислоцированности и проявлений метаморфизма нижней части разреза, ОВ от поверхности кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста не формируется. Именно этим можно объяснить, что в восточной части моря Лаптевых поверхность консолидированной коры проводится по ОГ LS1, П соответствующего подошве верхнего мела (рис. 1). Для устранения возникшего противоречия эта сейсмическая отраженная волна (СОВ) получила обозначение – А, Фа – акустический фундамент. При этом если ОВ IV, R0 соответствуют поверхности кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста, то А, Фа являются асинхронной отражающей границей раздела дислоцированных, метаморфизованных и неметаморфизованных толщ, имеющих возрастную интервал от рифея до палеогена. В качестве иллюстрации к сказанному рассмотрим с дополнением авторского варианта интерпретации, временной и сейсмогеологической разрезы по профилям ARS10F08Am, ARS10F02Am, отработанным в акватории морей Лаптевых и Восточно-Сибирского (рис. 3, 4) [10].

ОГ К фиксируется позднее ОГ Фа на 2 с или глубже его на 5–8 км (рис. 3, 4). Как видно на рис. 3, ОГ сейсмофагия между К и Фа (выделена цветом) отражает в СВП дислоцированную толщу, залегающую несогласно по отношению к вышележащей и нижележащей толщам. Считаем, что она соответствует западному замыканию Новосибирско-Чукотской структурно-тектонической зоны. В полном объеме эта толща отра-

жается на сейсмоглубинном разрезе в центральной части ВСМ. Как видно на рис. 4, ее мощность составляет 15 км. Детачментом этой надвиговой структурно-тектонической зоны толщи является ОГ К (рис. 3, 4). ОГ М фиксируется в нижней части разреза на времени 9 с (рис. 3). Сейсмофагия между ОГ М и К сложена фрагментами ОВ, интерпретируемыми нами как дислоцированные блоки осадочного чехла. Эта толща вовлечена, как и вышележащие отложения, в доплиоценовый тектогенез. ОГ М, возможно, отражает поверхность магматических пород, слагающих Арктический плюм (рис. 3).

Изучение материалов по теме продолжается, готовятся публикации по результатам изучения геологической природы названных сейсмокомплексов осадочного чехла.

Заключение

Проведенный анализ особенностей распространения средних и интервальных скоростей и особенности формирования ОГ осадочного чехла северных морей взят за основу для построения сейсмогеологических моделей северных территорий. Для всей территории исследователями установлено увеличение пластовых и средних скоростей в осадочном чехле по мере увеличения его мощности. Такая зависимость обычна для континентальной части платформ.

В шельфовых отложениях северных морей Якутии скоростная зависимость определяется тектоническими и магматическими факторами, которые становятся определяющими для хребта Гаккеля, Гипербореи и Новосибирско-Чукотской структурной зоны. В западной части моря Лаптевых поверхность консолидированной коры соответствует поверхности кристаллического фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста. На остальной территории, в СВП, фундаментом является асинхронная акустическая граница поверхности метаморфизованных и дислоцированных толщ, имеющих возрастную интервал от рифея до палеогена. Наблюдаемая сложная волновая картина и различные варианты привязки сейсмических ОГ, на взгляд авторов, в большей мере обусловлены структурно-тектоническими особенностями эволюции и взаимодействия Сибирской платформы, Гипербореи, Верхояно-Колымской складчатой области, Арктического плюма, Новосибирско-Чукотской структурно-тектонической зоны. В СВП названные структуры характеризуются собственным набором

ОГ кроме верхней плиоцен-четвертичной толщи, имеющей циркумполярное распространение. Исходя из изложенного, представляется, что для оценки углеводородного потенциала осадочного чехла можно использовать данные по акустическому фундаменту Фа в зоне его распространения, в остальных случаях – по ОГ IV, R₀.

Наработки по теме применены авторами при сейсмостратиграфическом анализе структур Тастахской впадины и Андриановского поднятия [13, 14].

Список литературы

1. Sitnikov V.S., Sleptsova M.I. Oil and Gas Resources of the Republic of Sakha (Yakutia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020 Vol. 459, Chap. 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/459/5/052005/pdf> (дата обращения: 10.08.2023). DOI: 10.1088/1755-1315/459/5/052005.
2. Казанин Г.Е., Поселов В.А., Заяц И.В., Иванов Г.И., Макаров Е.С., Васильев А.С., Смирнов О.Е. Комплексные геофизические исследования в районе центральной глубоководной части Северного Ледовитого океана // Разведка и охрана недр. 2017. № 10. С. 25–30.
3. Кириллова-Покровская Т.А. Разработка актуализированной геологической модели моря Лаптевых и сопредельных глубоководных зон для уточнения оценки его углеводородного потенциала // Разведка и охрана недр. 2017. № 10. С. 30–38.
4. Drachev S.S., Shkarubo S.I. Tectonics of the Laptev Shelf, Siberian Arctic // GSA Spec. Publ. 2017. Vol. 460, Is. 1. P. 263–283. DOI: 10.1144/SP460.15.
5. Конторович В.А., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Соловьев М.В. Геологическое строение и сейсмогеологическая характеристика континентальной окраины Сибирской платформы и шельфа моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2020. Т. 15, № 4. С. 1–8.
6. Верниковский В.А., Добрецов Н.Л. Геодинамическая эволюция Северного Ледовитого океана и современные проблемы в геологических исследованиях Арктики // Вестник РАН. 2015. Т. 85, № 5–6. С. 412–419.
7. Сметанникова Л.И., Гриненко В.С., Маланин Ю.А., Прокопьев А.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Анабаро-Виллойская. Лист R-51 – Джарджан. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 397 с.
8. Конторович В.А., Конторович А.Э., Губин И.А., Зотеев А.М., Лапковский В.В., Малышев Н.А., Соловьев М.В., Фрадкин Г.С. Структурно-тектоническая характеристика и модель геологического строения неопротерозойско-фанерозойских отложений Анабаро-Ленской зоны // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 8. С. 1253–1274.
9. Заварзина Г.А., Шкарубо С.И. Тектоника западной части шельфа моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7, № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/39_2012.pdf (дата обращения: 10.08.2023).
10. Петровская Н.А., Савишкина М.А. Сопоставление сейсмокомплексов и основных несогласий в осадочном чехле шельфа Восточной Арктики // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2014. Т. 9, № 3. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/39_2014.pdf (дата обращения: 10.08.2023).
11. Сафронов А.Ф. Нефтегазоносность востока Сибирской платформы: историко-генетический анализ, размещение месторождений нефти и газа // Наука и образование. 2014. № 3 (75). С. 63–65.
12. Сафронов А.Ф. История геологического развития шельфа Восточно-Сибирского моря // Наука и образование. 2017. № 1. С. 7–12.
13. Оболкин А.П., Ситников В.С., Слепцова М.И., Севостьянова Р.Ф. Изучение возможного проявления в сейсмическом волновом поле Южно-Аннуйской сутуры в основании Тастахского прогиба северо-востока Якутии // Геология и минерально-сырьевые ресурсы. 2022. № 1. С. 57–62. DOI: 10.20403/2078-0575-2022-1-57-62.
14. Оболкин А.П., Ситников В.С., Севостьянова Р.Ф., Слепцова М.И. Изучение Андриановского поднятия на шельфе Северо-Востока методами сейсмостратиграфического и структурного анализов // Геология и нефтегазовый потенциал Республики Саха (Якутия): проблемы разведки и освоения [Электронный ресурс]: сборник тезисов Всероссийской научной конференции (Якутск, 11 августа 2022 г.). Киров: Издательство МЦИТО, 2022. С. 72–74. DOI: 10.52376/978-5-907623-22-4.

УДК 550.47
DOI 10.17513/use.38104

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕР БОЛЬШОГО СОЛОВЕЦКОГО ОСТРОВА

Титова К.В., Жибарева Т.А., Слобода А.А., Вахрамеева Е.А., Кокрятская Н.М.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени Н.П. Лаврова
Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, e-mail: ksyu_sev@mail.ru*

Проведены исследования семи озер Большого Соловецкого острова (Банное, Биосадское, Большое Куможье, Нижний Перт, Питьевое, Святое, Средний Перт). Отбор проб донных отложений осуществлен с помощью прямоточной ударной трубки в июле 2021 г. на глубоководных участках озер. Мощность колонки осадков не превышала 35 см. Проанализировано 40 образцов по апробированным авторами на других водных объектах методикам. Определены влажность, гранулометрический состав, содержание органического углерода, соединений серы и реакционноспособного железа. Отобранные пробы представляли собой илстые осадки с различным соотношением песчаной, алевритовой и пелитовой фракций. Среднее содержание серы в отложениях было сопоставимо с концентрациями в осадках антропогенно ненагруженных озер Кенозерского национального парка. Содержание органического углерода в отложениях исследованных озер в среднем составляло 15,47%; реакционноспособного железа – в среднем 2,68%, что меньше кларковых значений последнего элемента в литосфере. Наиболее активно восстановительные процессы протекали в отложениях оз. Банное, Святое и чуть менее активно – в оз. Биосадское (наибольшее количество сульфатной серы в них). Это обусловлено антропогенным воздействием на эти водоемы. Для оз. Биосадское оно также выразилось в заметном различии между верхними и нижними слоями осадков в гранулометрическом и элементном составе.

Ключевые слова: Архангельская область, Соловецкие острова, озера, донные отложения, соединения серы, железа, углерода

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № 122011300473-4 «Изучение закономерностей биогеохимических процессов циклов серы и хлора в экосистемах Европейского Севера России»).

GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF LAKES BIG SOLOVETSKY ISLAND

Titova K.V., Zhibareva T.A., Sloboda A.A., Vakhrameeva E.A., Kokryatskaya N.M.

*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research Ural Branch Russian Academy of Sciences,
Arkhangelsk, e-mail: ksyu_sev@mail.ru*

Studies of seven lakes on the Bolshoy Solovetsky Island (Bannoe, Biosadskoe, Bolshoe Kumozh'e, Nizhniy Perth, Pit'evoe, Svyatoye, Sredniy Perth) were carried out. Sampling of bottom sediments was carried out using a direct-flow shock tube in July 2021 in the deep water areas of the lakes. The thickness of the sediment column did not exceed 35 cm. 40 samples were analyzed according to the methods we tested on other water bodies. Humidity, granulometric composition, content of organic carbon, sulfur compounds and reactive iron were determined. The samples taken were silty sediments with different ratios of sand, silt, and pelitic fractions. The average sulfur content in the sediments was comparable to the concentrations in the sediments of the anthropogenically unloaded lakes of the Kenozero National Park. The content of organic carbon in the sediments of the studied lakes averaged 15.47%; reactive iron – an average of 2.68%, which is less than the clark values of the last element in the lithosphere. The most active recovery processes proceeded in the sediments of the lake. Bannoe, Svyatoye and a little less active in the lake. Biosadskoe (the largest amount of sulfate sulfur in them). This is due to the anthropogenic impact on these reservoirs. For lake Biosadskoe it also manifested itself in a noticeable difference between the upper and lower layers of sediments in particle size distribution and elemental composition.

Keywords: Arkhangelsk region, Solovetsky Islands, lakes, bottom sediments, sulfur compounds, iron, carbon

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (project No. 122011300473-4 “Study of the patterns of biogeochemical processes of sulfur and chlorine cycles in the ecosystems of the European North of Russia”).

Водные экосистемы от малых озер до глубоководных океанов играют важную роль в глобальном углеродном цикле. Долгосрочное связывание углерода происходит посредством различных механизмов в отложениях естественных и искусственных озер, водно-болотных угодий. Природный и антропогенный углерод также может хра-

ниться в виде растворенной неорганической или органической форм как в пресноводных, так и в морских системах.

Преобразование водосборов, трансграничные потоки, атмосферные выпадения, промышленные и хозяйственно-бытовые прямые сбросы, неорганизованные стоки приводят к изменению геохимических ци-

клов элементов в системе «водосбор-водоем», появлению токсичных компонентов в водной среде, эвтрофированию, закислению. Сейчас редко можно встретить водные объекты, не подверженные прямым или косвенным антропогенным изменениям [1].

В этой связи донные отложения водоемов рассматриваются как носители информации об изменениях, имеющих место на территории водосбора и в самом водоеме, как своеобразный архив данных о состоянии окружающей среды.

Формирование донных отложений озер происходит в результате сложного взаимодействия разнообразных природных процессов: климатических, гидрологических, физических, химических и биологических [2].

Гранулометрический состав отложений озерных экосистем является одним из основных параметров, характеризующих типы осадков, а также дающих возможность судить о механизме процесса седиментации и динамике водной среды [3].

Генезис донных отложений влияет на состав органического вещества. При этом небольшие озера, не подвергшиеся прямому загрязнению, могут использоваться в качестве индикаторов естественных геохимических условий водообразования [4]. Органическое вещество сапропеля с различным типом биогенного вклада может значительно различаться по элементному (CHNSO) составу [5].

На территории Большого Соловецкого острова есть объекты для исследования озер в качестве антропогенно нагруженных, так и не подвергающихся прямому воздействию.

Цель данной работы – изучить распределение гранулометрического и элементного состава донных отложений различных по воздействию озер Соловецкого острова.

Материалы и методы исследования

Современный Соловецкий архипелаг расположен в наиболее мелководной западной части Белого моря, в «устье» Онежского залива, образуя западный и восточный проходы в него (Западная и Восточная Соловецкие салмы). Архипелаг находится в 65 км от Карельского берега (г. Кемь) и примерно в 20 км от Летнего берега Онежского полуострова – между параллелями 64°57' и 65°12' северной широты и меридианами 35°30' и 36°17' восточной долготы, на 165 км (от пос. Соловецкий) южнее Полярного круга.

Озера расположены неравномерно: с одной стороны, имеется 3 компактные груп-

пы водоемов (западная, северо-восточная и юго-восточная), с другой стороны, центральная часть острова и его отдельные прибрежные районы почти лишены озер. В соответствии с орографией острова озера расположены ярусами. Благодаря этому наблюдается между близкорасположенными водоемами выраженный перепад высот [6]. Из всего многообразия озер Большого Соловецкого острова были выбраны озера Западной (Северной) озерно-канальной системы (Питьевое, Средний, Банное, Святое – проточные) и Восточной озерно-канальной системы (Биосадское – проточное), в настоящее время – в небольших локальных системах с соседними озерами (Бол. Куможье и Нижний Перт) и являющихся только сточными. Все они находились в пределах 2-3 км от центра пос. Соловецкий. Оз. Святое и Банное расположены в черте поселка. На северном берегу оз. Святое построены частные дома и гостиницы паломников, не имеющие централизованного водоотведения. Помимо этого, на оз. Банное, Биосадское и Святое было явно выраженное воздействие со взлетно-посадочной полосы, реконструкция которой проводилась с мая 2019 по ноябрь 2020 годов. В результате чего в осенне-весенний периоды поступило по каналам, проходящим вдоль полосы, и непосредственно с нее значительное количество песчаной взвеси в эти водоемы.

Отбор был осуществлен на семи озерах (табл.1) в июле 2021 года с помощью трубки ударного типа послойно на выбранных станциях. Мощность отложений не превышала 35 см.

Аналитические работы выполнялись по ранее апробированным авторами методом: *гранулометрический состав* донных отложений определяли ситовым и пипеточным методом согласно МИ 88-16365-010-2017; *органический углерод* – методом сухого сжигания на C,H,N-анализаторе фирмы «Hewlett-Packard», модель 185; *формы серы* – путем последовательного отделения из одной навески донных осадков: серу кислоторастворимых сульфидов определяли, обрабатывая навеску донных отложений натуральной влажностью разбавленной соляной кислотой с нагреванием до кипения и одновременной отдувкой инертным газом выделяющегося сероводорода. Окончание определения в зависимости от количества образующегося сероводорода йодометрическое или фотометрическое.

Таблица 1

Расположение и глубина станций отбора проб

Озеро	Координаты станций, град		Глубина станции отбора, м
	с.ш.	в.д.	
Банное	65.03007	35.70633	2,2
Биосадское	65.02717	35.75161	8,0
Большое Куможье	65.04244	35.64893	7,5
Нижний Перт	65.04308	35.67365	13,0
Питьевое	65.04195	35.69098	7,5
Святое	65.02560	35.715601	10,0
Средний Перт	65.05122	35.69176	7,5

Затем, экстрагируя осадок ацетоном, извлекали элементную серу и восстанавливали её до сероводорода раствором CrCl_2 (окончание определения фотометрическое). В осадке после экстракции определяли пиритную серу после восстановления ее раствором CrCl_2 до H_2S , количество которого определяли методом объемного йодометрического титрования. Оставшийся после определения пиритной серы осадок отмывали от ионов хрома, подвергали исчерпывающему окислению, переводя органическую серу, в сульфат, количество которого определяли гравиметрически; *реакционноспособные форм железа* (II и III) извлекали из осадка 3,5 N серной кислотой. Fe(II) определяли в аликвоте раствора титрованием $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Fe(III) – из другой аликвоты, титрованием $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ выделившегося I2 после обработки KI. Содержание сульфидного железа рассчитывали по данным для сульфидной серы, исходя из формулы FeS ; пиритное железо – по содержанию пиритной серы.

Результаты исследования и их обсуждение

Перед проведением анализа отобранные пробы донных отложений были визуально охарактеризованы (табл. 2).

Как показано на рисунке 1, гранулометрический состав донных отложений озер имел свои особенности. Осадки озер отличались по содержанию песка от 0,22% в оз. Банное до 17,33% в оз. Банное в нижнем горизонте. Так же в оз. Святое выделялся верхний и нижний слой с содержанием пелитов 72,62 и 82,64%, соответственно. Интересна колонка оз. Биосадское, где на горизонте 10 см находился слой песчано-пелито-алевритового ила с содержанием песка 12,13%, а пелита всего 31,19%. Нижние слои ее представлены пелитовым илом с содержанием пелита более 90%. Но в целом значения гранулометрических фракций алевритов и пелитов в озерах близки (рисунок 1).

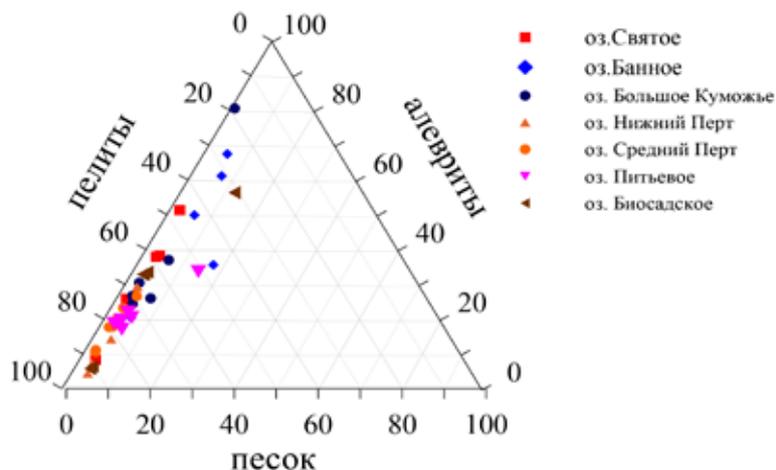


Рис. 1. Трехкомпонентная диаграмма гранулометрического состава донных отложений озер Большого Соловецкого острова

Таблица 2

Описание отобранных проб донных отложений Соловецких озер

Озеро	Горизонт, см	Описание
Питьевое	0–5	Темно-коричневый илистый осадок, без запаха
	5–10	
	10–15	
	15–20	
	20–25	
	25–30	
Средний Перт	0–5	Темно-коричневый илистый осадок, без запаха
	5–10	
	10–15	
	15–20	
	20–25	
	25–30	
Банное	0–5	Зеленовато-коричневый илистый осадок, без запаха
	5–10	
	10–15	
	15–20	
	20–23	Зеленовато-коричневый илистый, включение тонких корней или самих волос, запах нефтепродуктов
Святое	0–5	Зеленовато-коричневый (темный) илистый осадок с небольшими вкраплениями серой глины или песка, без запаха
	5–10	
	10–15	Зеленовато-коричневый илистый осадок с небольшими вкраплениями серого песка или глины, без запаха
	15–20	
	20–23,5	
Биосадское	0–3,5	Темный серо-коричневый плотный осадок, без запаха, вкрапления песка (или мелкая серая глина)
	3,5–7,5	Темно-серый (глинистый) плотный, без запаха
	7,5–11	Темно-серый плотный глинистый с коричневым илом, без запаха
	11–14,5	Темно-серый плотный (глинистый) с примесью коричневого ила осадок, без запаха
	14,5–16,5	Темно-коричневый густой илистый осадок, без запаха
	16,5–21,5	
Большое Куможье	0–5	Черный (темно-коричневый) рыхлый илистый осадок, без запаха
	5–10	
	10–15	
	15–20	
	20–25	
	25–30	
Нижний Перт	0–5	Зеленовато-коричневый густой илистый осадок, без запаха
	5–10	
	10–15	
	15–20	
	20–25	
	25–31,5	

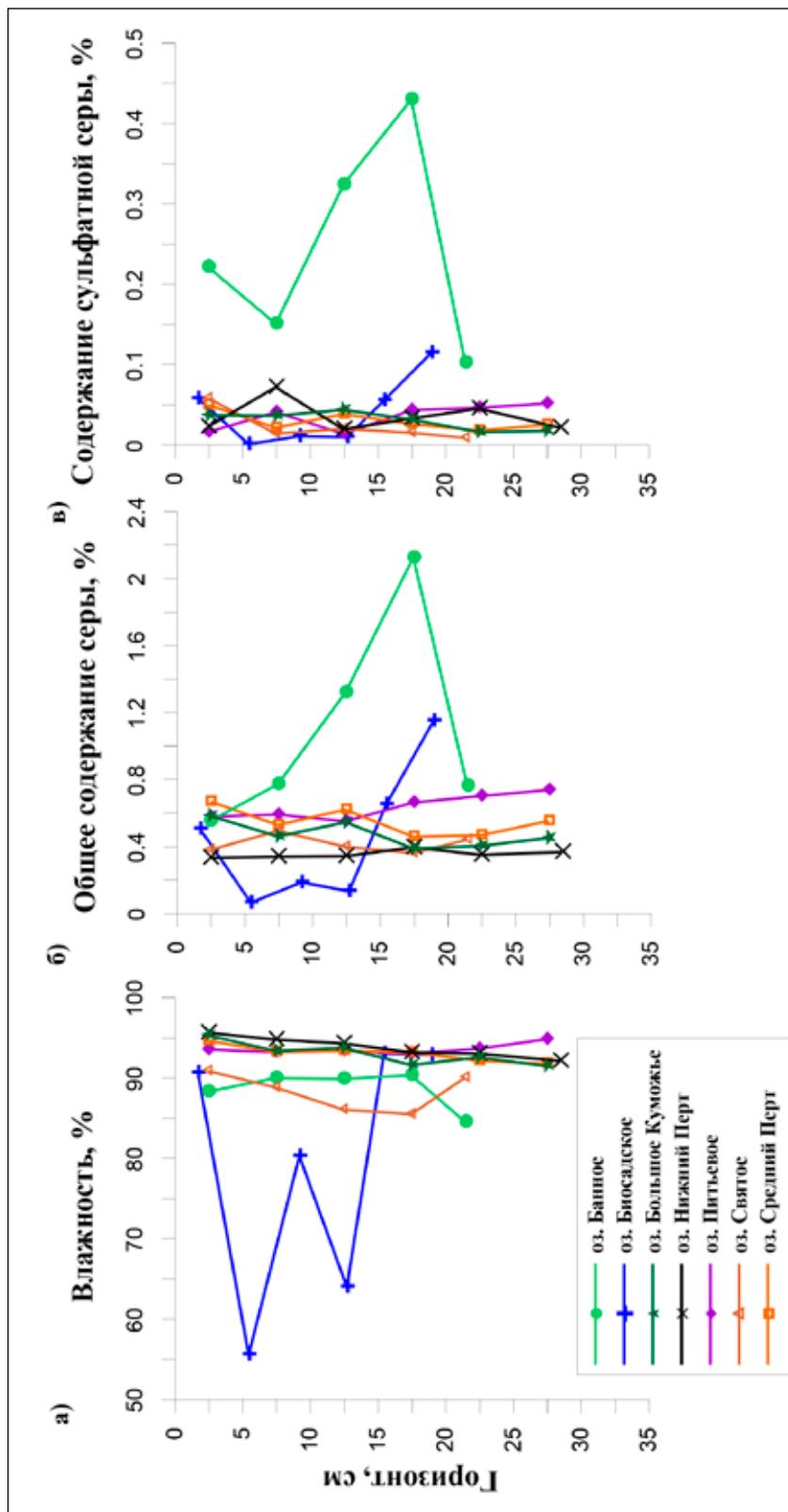


Рис. 2. Влажность и содержание серы в донных отложениях озер Большого Соловецкого острова

Влажность отобранных осадков в среднем составляла 90,18%, изменялась от 55,71 до 95,75%. Практически неизменным этот показатель был в осадках оз. Большое Куможье, Нижний и Средний Перт, Питьево. В этих же водоемах отложения были самыми обводненными (рис. 2 а). Для всех исследованных озер наибольшее количество влаги содержали верхние горизонты. Наибольшие различия во влажности отмечено в толще осадков оз. Биосадское.

Общее содержание серы в отобранных отложениях озер в среднем составляло 0,56% (все в расчете на абсолютно сухое вещество). Этот показатель по проведенным нами ранее исследованиям сопоставим с таковым для пресных антропогенно ненагруженных гидрокарбонат-кальциевых озер на территории Кенозерского национально-

го парка (Каргопольский район), в районе стационара Ротковец (Коношский район) и меньше, чем для озер с поступлением сульфатных подземных вод (Коношский район). Низкие концентрации серы отмечены для осадков оз. Нижний Перт при их незначительной вариации (от 0,34 до 0,40%) и оз. Святое (от 0,37 до 0,50%) (рис.2 б). Близки по содержанию серы были отложения двух соседних оз. Питьево и Средний Перт, входящих в Северную (Западную) озерно-канальную систему. Для всех исследованных озер, за исключением оз. Средний Перт и Бол. Куможье, общее содержание серы от поверхностных к нижним горизонтам осадкам увеличивается. Наибольшее изменение общего содержания серы выявлены для ДО оз. Биосадское (от 0,07 до 1,16%) и оз. Банное (от 0,56 до 2,13%).

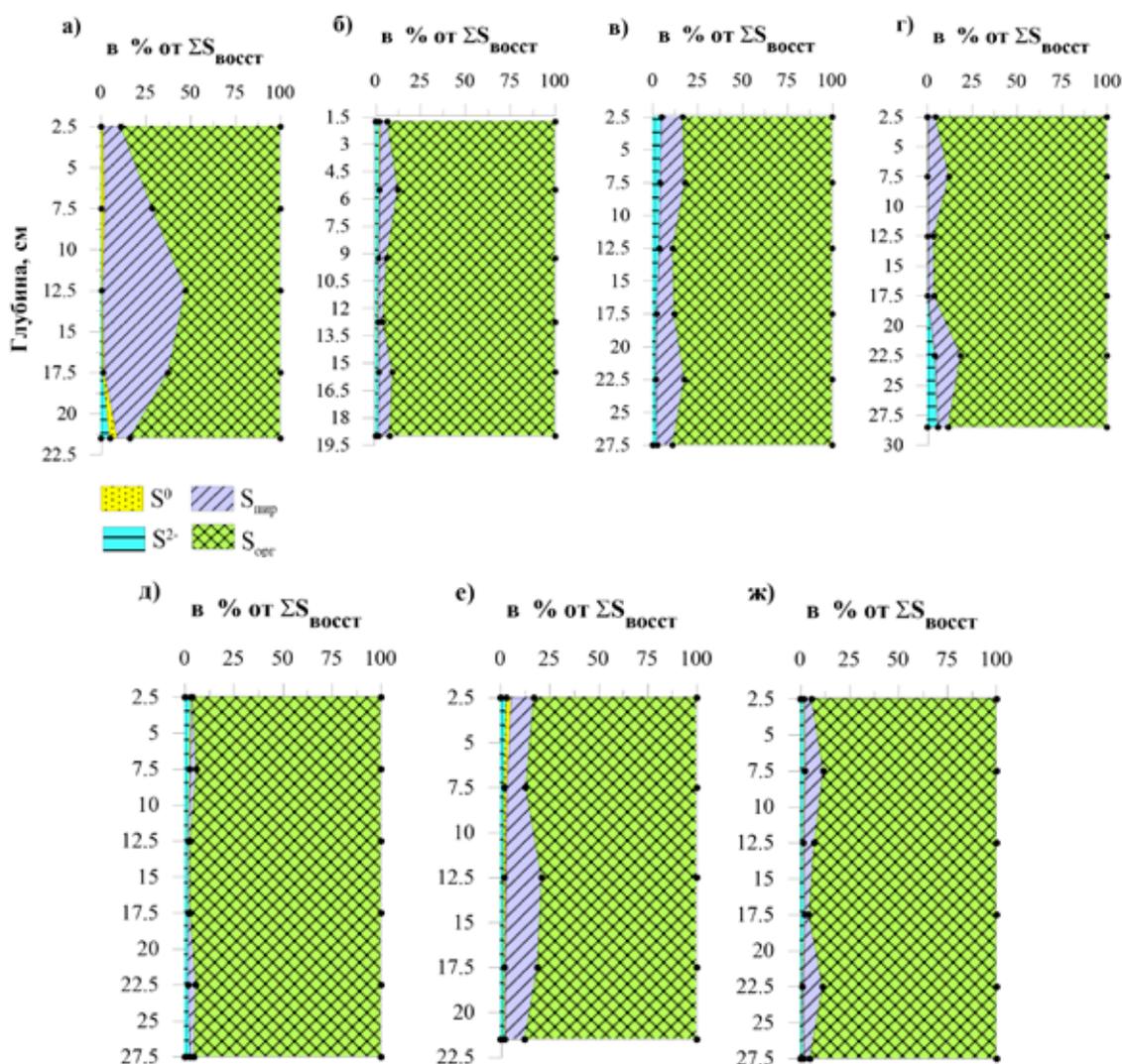


Рис. 3. Распределение форм серы в донных отложениях озер Большого Соловецкого острова: а) Банное; б) Биосадское; в) Бол. Куможье; г) Ниж. Перт; д) Питьево; е) Святое; ж) Ср. Перт

Концентрации сульфатной серы были наибольшими в отложениях всех исследованных нами озер Большого Соловецкого острова в среднем 0,03% (от 0,01 до 0,07%), что составляло около 6,8% от общего содержания серы в осадках (рис. 2 в). Заметные изменения этого показателя в толще отложений выявлены для оз. Биосадское (от 0,00 до 0,12%) и оз. Банное (от 0,10 до 0,43%). Вклад сульфатной серы в общее ее содержание соответственно то же был больше: оз. Биосадское – в среднем 8,0% и оз. Банное – 23,5%.

Соединения восстановленной серы ($\Sigma S_{восст}$) (производных сероводорода, образующегося в результате сульфатредукции) в донных отложениях представлены следующими формами: кислоторастворимыми сульфидами (S_2^-), пиритной ($S_{пир}$) и элементарной (S_0) и органической ($S_{орг}$). По содержанию и распределению этих форм можно судить о протекании процесса восстановления сульфатов и его активности. Среднее содержание соединений восстановленной серы в ДО исследованных озер составляло: Банное – 0,86%; Биосадское – 0,41%; Бол. Куможье – 0,44%; Ниж. Перт – 0,32%; Питьевое – 0,61%; Святое – 0,40%; Ср. Перт – 0,52%.

Рассматривая помимо содержания форм серы так же данные рис. 3 б, д и ж с рас-

пределением, можно сказать, что в осадках этих водоемов анаэробный процесс сульфатредукции не столь активен в оз. Питьевое, так как явно преобладала органическая составляющая. Из всех исследованных соловецких озер более активное восстановление сульфатов наблюдалось в оз. Святое и Банное, где был заметен вклад пиритной серы в $\Sigma S_{восст}$ до 18 и 45% соответственно (рис. 3 е и а).

Содержание органического углерода в отложениях исследованных озер в среднем составляло 15,47%. За исключением оз. Биосадское и Святое, этот показатель был минимальным в поверхностном горизонте осадков (рис. 4 а). Эти же два водоема отличаются минимальными количествами органической составляющей отложений в верхних горизонтах или во всей отобранной толще. Наибольшее содержание органического углерода отмечено для оз. Питьевое. При этом почти во всех отложениях изученных озер этот показатель отличается по горизонтам не столь значительно, только в оз. Биосадское отмечено увеличение в 5 раз концентраций органического углерода к нижним слоям осадков (рис. 4 а). Что, скорее всего, связано с изменением условий осадконакопления во времени в этом водоеме.

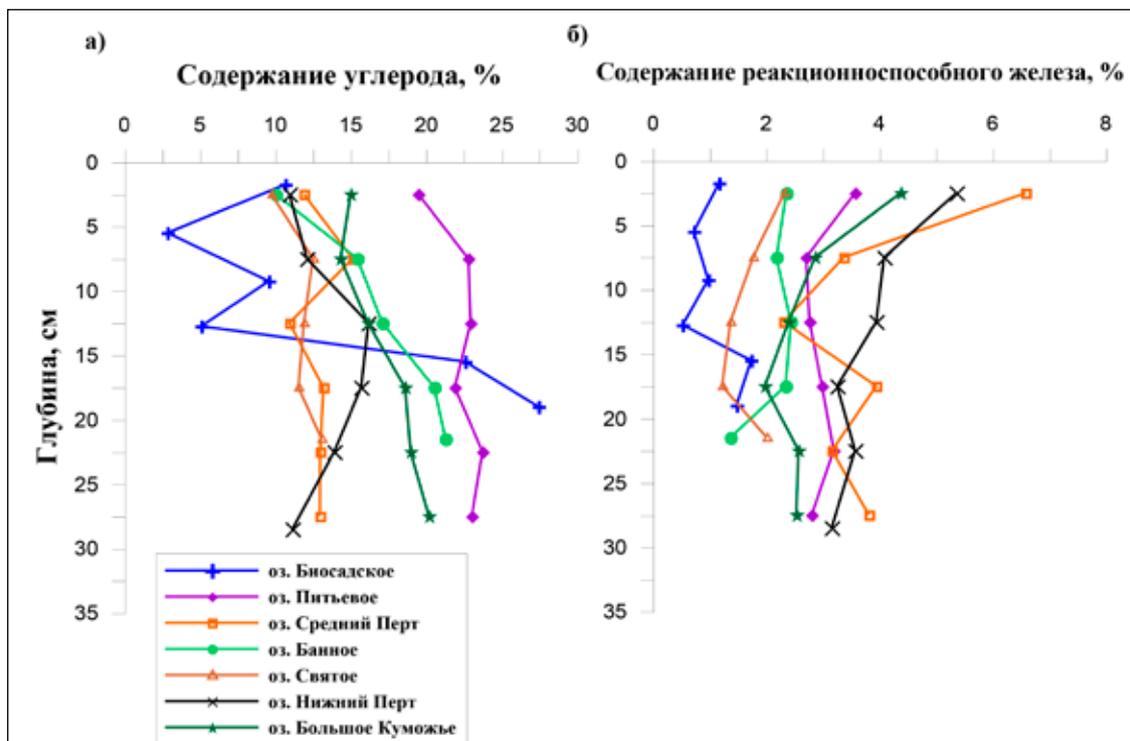


Рис. 4. Распределение углерода (а) и реакционноспособного железа (б) в донных отложениях озер Большого Соловецкого острова

Соотношение C/N для отложений всех исследованных озер изменялось от 12 до 40, что свидетельствует о значительной роли аллохтонной составляющей органического вещества, поступающего в большей степени с водосборов.

Содержание реакционноспособного железа (неорганических соединений этого элемента, принимающего участие в окислительно-восстановительных реакциях) в отложениях озер Большого Соловецкого острова составляло в среднем 2,68%, при этом кларковые количества этого элемента в литосфере – от 3,5 до 4,65. Для всех озер, за исключением Биосадское и Святое, содержание этой формы железа снижалось от поверхностных горизонтов осадков к нижним. Наибольшие количества железа зафиксированы в отложениях трех соседних водоемов Средний и Нижний Перт, Питьево (в среднем – 3,86, 3,90 и 3,00% соответственно (рис. 4 б)). Минимум отмечен в осадках оз. Биосадское (в среднем – 1,1%, от 0,52 до 1,73%). Восстановленная форма железа составляла 13-15% от общего количества реакционноспособного железа в отложениях оз. Средний и Нижний Перт, Питьево, Большое Куможье, 26% – в оз. Святое, 34-35% – оз. Банное и Биосадское. При этом в соседних первых трех озерах в придонных слоях воды не создавались анаэробные условия (содержание кислорода – до 3 мг/л); в оз. Банное водная толща была насыщена кислородом (даже на дне концентрация его была 8 мг/л) из-за его малой глубины и проточности; в оз. Биосадское содержание кислорода над осадками снизилось до 2 мг/л; в оз. Большое Куможье и Святое наблюдалось ко дну полное исчерпание кислорода.

Заключение

Гранулометрический состав донных отложений исследованных озер не столь разнообразен. Все же они отличались по содержанию всех определяемых фракций (песчаной, пелитовой и алевритовой). Влажность отобранных осадков в среднем составляла 90,18%, изменялась от 55,71 до 95,75%.

Содержание органического углерода в отложениях исследованных озер в среднем достигало 15,47%. Соотношение C/N для отложений всех исследованных озер из-

менялось от 12 до 40, что свидетельствует о значительной роли аллохтонной составляющей органического вещества, поступающего в большей степени с водосборов.

Общее содержание серы в отобранных отложениях озер в среднем составляло 0,56%. В осадках всех исследованных водоемов анаэробный процесс сульфатредукции не столь активен в оз. Питьево, так как явно преобладала органическая составляющая. Из всех исследованных соловецких озер более активное восстановление сульфатов наблюдалось в донных отложениях оз. Святое и Банное, где был заметен вклад пиритной серы. На эти водоемы оказывалось антропогенное воздействие, приводящее к усилению анаэробных процессов в донных отложениях.

Содержание реакционноспособного железа (неорганических соединений этого элемента, принимающего участие в окислительно-восстановительных реакциях) в отложениях озер Большого Соловецкого острова было в среднем 2,68%, что меньше кларковых значений этого элемента в литосфере.

Авторы выражают благодарность за всестороннюю помощь в экспедиционном исследовании на Соловках сотрудникам Соловецкого музея-заповедника А.Я. Мартынову, А.Н. Соболеву.

Список литературы

1. Хублярян М.Г., Моисеенко Т.И. Качество воды // Вестник Российской академии наук, 2009. Т. 79, № 5. С. 404–410.
2. Страхов Н.М. Избранные труды. Осадкообразование в современных водоемах. М.: Наука, 1993. 396 с.
3. Субетто Д.А., Назарова Л.Б., Пестрякова Л.А., Сырых Л.С., Андроников А.В., Бискаборн Б., Бикманн Б., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., Греков И.М. Палеолимнологические исследования в российской части северной Евразии: обзор // Сибирский экологический журнал. 2017. № 4. С. 369–380.
4. Moiseenko T.I., Gashkina N.A., Dinu M.I., Kremleva T.A., Khoroshavin V.Yu. Aquatic geochemistry of small lakes: Effects of environment changes // Geochemistry International. 2013. Vol. 51. P. 1031–1148.
5. Taran O.P., Boltenev V.V., Ermolaeva N.I., Zarubina E.Yu., Delii I.V., Romanov R.E., Strakhovenko V.D. Relations between the Chemical Composition of Organic Matter in Lacustrine Ecosystems and the Genesis of Their Sapropel // Geochemistry International, 2018. Vol. 56. P. 256–265. DOI: 10.1134/S0016702918030096.
6. Обоснование создания природного заказника «Соловецкий архипелаг» / Ред. Черенкова Н.Н., Черенков А.Е., Новиков В.С., Киселева К.В., Октябрева Н.Б., Варлыгина Т.И., Строганов А.Н. М.: Соловки, 2014. 183 с.

СТАТЬИ

УДК 628.13
DOI 10.17513/use.38105

**УСТРОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ КРИОГЕННЫХ РЕСУРСОВ**

Кузьмин Г.П.

*ФГБУН «Институт мерзлотоведения имени П.И. Мельникова» Сибирского отделения
Российской академии наук, Якутск, e-mail: gpkuzmin@mpi.ysn.ru*

Кратко изложены физические свойства воздуха и воды как носителей тепловой энергии, применяемые или учитываемые при разработке устройств и технологий использования природных тепловых ресурсов. Представлены разработанные охлаждающие и нагревательные установки и технологии, в которых используется тепловая энергия воздуха и воды. Показано, как изменением конструкции достигнуто повышение надежности воздушного термосифона, используемого для локального охлаждения грунтов оснований сооружений. Приводится технология аккумуляции холода атмосферного воздуха в массиве мерзлых грунтов, вмещающих подземные сооружения, более десяти лет успешно используемая для управления температурным режимом Федерального криохранилища семян растений в г. Якутске, в котором впервые в мире используются только природные ресурсы холода. Излагаются технология создания подземного аккумулятора холода атмосферного воздуха путем замораживания воды и использования теплоты фазового перехода ее для охлаждения жидкостей и газов, а также результаты опытных испытаний. Показана эффективность использования теплоты фазового перехода воды для отопления некоторых видов производственных помещений. Описывается способ снижения выталкивающего воздействия морозного пучения грунтов на свайные фундаменты путем нагревания промерзающих пучинистых грунтов теплотой фазового перехода воды.

Ключевые слова: криогенные ресурсы, использование, вода, воздух, теплота, фазовый переход, установка, технология

**DEVICES AND TECHNOLOGIES FOR THE USE
OF NATURAL CRYOGENIC RESOURCES**

Kuzmin G.P.

*Melnikov Permafrost Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk,
e-mail: gpkuzmin@mpi.ysn.ru*

The physical properties of air and water as carriers of thermal energy, used or taken into account in the development of devices and technologies for the use of natural thermal resources, are briefly stated. The developed cooling and heating devices and technologies that use the thermal energy of air and water are presented. It is shown how the change in the design achieved an increase in the reliability of the air thermosiphon used for local cooling of the soils of the foundations of structures. The technology of accumulating cold atmospheric air in an array of frozen soils containing underground structures, which has been successfully used for more than 10 years to control the temperature regime of the Federal Cryostorage of Plant Seeds in Yakutsk, in which only natural cold resources are used for the first time in the world, is given. The technology for creating an underground accumulator of cold atmospheric air by freezing water and using the heat of its phase transition to cool liquids and gases, as well as the results of experimental tests, are described. The efficiency of using the heat of the phase transition of water for heating some types of industrial premises is shown. A method for reducing the buoyant effect of frost heaving of soils on pile foundations by heating freezing heaving soils with the heat of the phase transition of water is described.

Keywords: cryogenic resources, use, water, air, heat, phase transition, installation, technology

В процессе жизнедеятельности человечество использует огромное количество природных ресурсов, под которыми понимают все то, что может быть применено для достижения какой-либо цели [1]. Криогенные ресурсы являются частью их. Они происходят и развиваются под воздействием холода (температуры среды ниже 0 °С). Согласно предложенной В.Р. Алексеевым классификации [1] криогенные ресурсы подразделяются (рис. 1) на энергетические, материальные и информационные, которые, в свою очередь, состоят из ряда видов. Те-

пловые ресурсы, которые рассматриваются в работе, входят в категорию криоэнергетических ресурсов.

Проблеме использования криогенных ресурсов уделяется внимание во всем мире не только потому, что истощаются запасы углеводородов, но и в связи с современными экологическими требованиями. При сжигании углеводородов выделяются парниковые газы, способствующие потеплению климата, последствия которого могут оказаться катастрофическими для всех обитателей Земли.

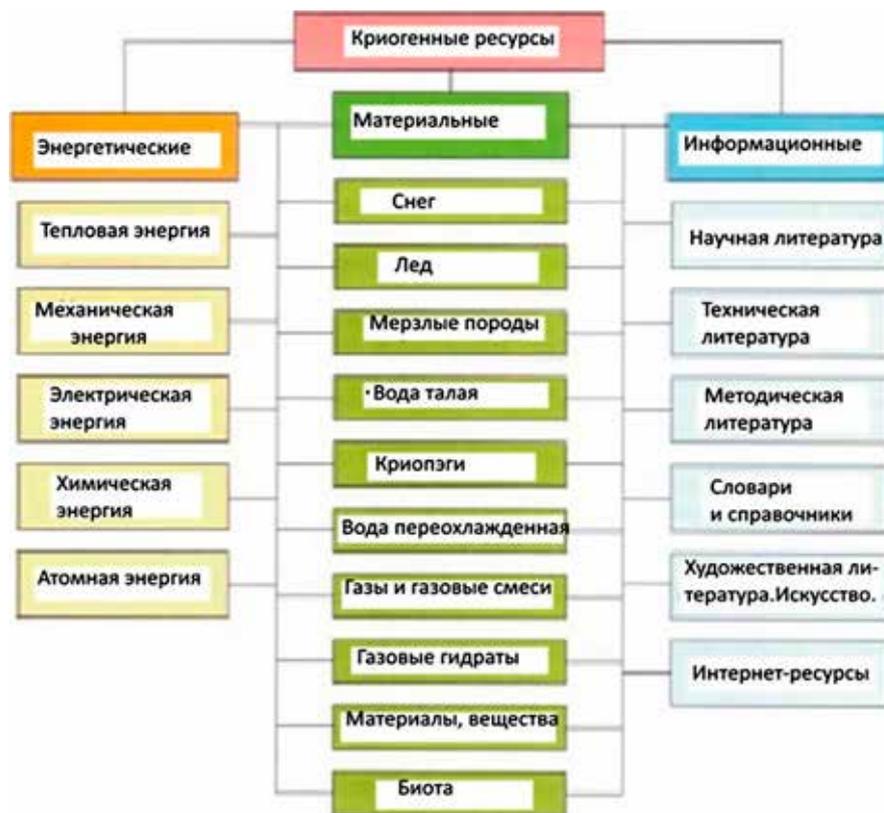


Рис. 1. Схема классификации криогенных ресурсов [1]

Длительное время природный холод рассматривался почти исключительно как условие, затрудняющее жизнь людей. В настоящее время опубликовано достаточно большое количество работ по вопросам возникновения, развития, опыта и перспектив использования криогенных ресурсов, а также нового направления исследований – криософии [2, 3].

Природные тепловые ресурсы используются человечеством с давних времен. Устройства и технологии их использования для управления температурным режимом природных и технических систем продолжают разрабатываться [4, 5], а область применения – расширяться, в частности, в насыпях [6]. В настоящее время наиболее широко используется теплота, носителем которой являются атмосферный воздух и вода.

Воздух характеризуется низкими значениями плотности, удельной теплоемкости и коэффициента теплообмена с твердыми телами. Поэтому для получения тепла из воздуха необходимо пропускать через теплообменные устройства большое количество воздуха. Этот недостаток воздуха как источника тепла в значительной мере компенсируется его доступностью.

Вода является уникальным веществом. В отличие от других известных жидкостей, плотность которых при понижении температуры монотонно увеличивается, плотность воды достигает максимума при температуре 4 °С и при дальнейшем понижении температуры уменьшается. Когда плотность воды в верхних слоях больше, чем в нижних, происходит перемешивание этих слоев. При нагревании и охлаждении изменяется кинетическая энергия и температура воды, а в процессе перехода ее из твердого состояния в жидкое и обратно изменяется потенциальная энергия с сохранением постоянной температуры, равной для пресной воды 0 °С. Теплота фазового перехода воды из жидкого состояния в твердое и из твердого в жидкое превышает по величине удельную теплоту плавления (затвердевания) большинства веществ, в том числе парафина в 2,3 раза, стали – в 4 раза.

Цель исследования – показать, что физические свойства воздуха и воды позволяют разрабатывать эффективные установки и технологии для управления температурным режимом грунтов в основаниях наземных и вокруг подземных сооружений, а также для обогрева помещений в зимнее время.

Материалы и методы исследования

Проведенные исследования, основанные на известных положениях теплофизики, грунтоведения, механики грунтов и инженерного мерзлотоведения, и результаты, полученные автором или под его руководством, в виде описания установок и технологий представлены ниже.

1. *Сезонно действующая воздушная охлаждающая установка (воздушный термосифон) [7, с. 140].*

В настоящее время для локального охлаждения и замораживания грунтов основания зданий и сооружений применяют жидкостные и парожидкостные термосифоны. Воздушные термосифоны (ВТ) из-за низкой надежности не нашли применения (рис. 2).

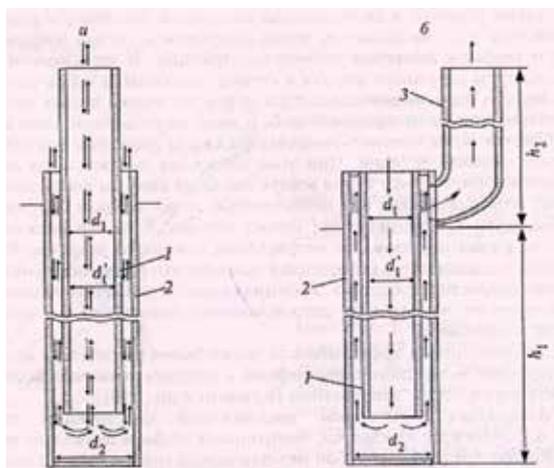


Рис. 2. Воздушный термосифон известной (а) и усовершенствованной (б) конструкции [7, с. 141]: 1 – центральная труба; 2 – корпус; 3 – вытяжная труба

В ВТ применявшейся конструкции (рис. 2, а) в летнее время под действием ветра у верхнего конца выступающей центральной трубы (1) происходит разрежение воздуха и теплый влажный воздух всасывается в узкий межтрубный канал. Здесь происходит конденсация влаги, которая, стекая вниз, намерзает на стенках труб термосифона в зоне мерзлых грунтов. Если намерзший в летнее время на стенках межтрубного канала слой льда полностью не испаряется в зимнее время, то происходит постепенное зарастание канала льдом и снижение охлаждающей способности термосифона. В термосифоне усовершенствованной новой конструкции (рис. 2, б) воздух поступает в центральную трубу в летнее время под действием ветра, а в зимнее время – в результате нагревания воздуха в межтрубном

канале от теплового воздействия окружающих грунтов. Диаметр центральной трубы существенно больше поперечного размера межтрубного канала. Из условия равенства площадей поперечного сечения каналов нисходящего и восходящего потоков воздуха без учета толщины центральной трубы следует

$$d_2 = \sqrt{2}d_1, \tag{1}$$

При этом отношение поперечных размеров каналов с учетом (1) составит

$$\frac{d_1}{b} = \frac{2d_1}{d_2 - d_1} = 4,83, \tag{2}$$

где b – поперечный размер межтрубного канала.

Образование льда в летнее время на стенке широкого канала термосифона усовершенствованной конструкции и более интенсивное его испарение в зимнее время под воздействием сухого нисходящего потока воздуха значительно снижает льдонакопление и потерю охлаждающей способности устройства.

2. *Аккумулятор-охладитель жидкостей и газов [7, с. 151].*

Подземный резервуар, созданный в массиве мерзлых грунтов размывом водой через скважину, не более чем на 90% его объема заполняется водой (рис. 3), которая в зимнее время замораживается с помощью воздушных термосифонов 2, опущенных в резервуар через скважины в его кровле.

В летнее время охлаждение жидкостей и газов осуществляется в теплообменнике 6, представляющем сосуд с водяной рубашкой. Холодная вода из резервуара подается в теплообменник с помощью погружного насоса 8 по нагнетательному шлангу 7. Нагретая в теплообменнике вода возвращается в резервуар по сливному трубопроводу 7. Холодная вода из резервуара перетекает в центральный термосифон, в котором размещен погружной насос, через щель на корпусе термосифона. Перед пуском циркуляционной системы в резервуар наливают воду до уровня, обеспечивающего работу этой системы в течение теплого периода года. После окончания периода охлаждения вода откачивается из резервуара до уровня расположения щели и из термосифона полностью.

Устройство было испытано на летней ферме для охлаждения около 3000 л молока в сутки. Расход электрической энергии для работы погружного насоса в опытном охлаждающем устройстве был в 40 раз меньше суммарного расхода электроэнергии при машинном охлаждении.

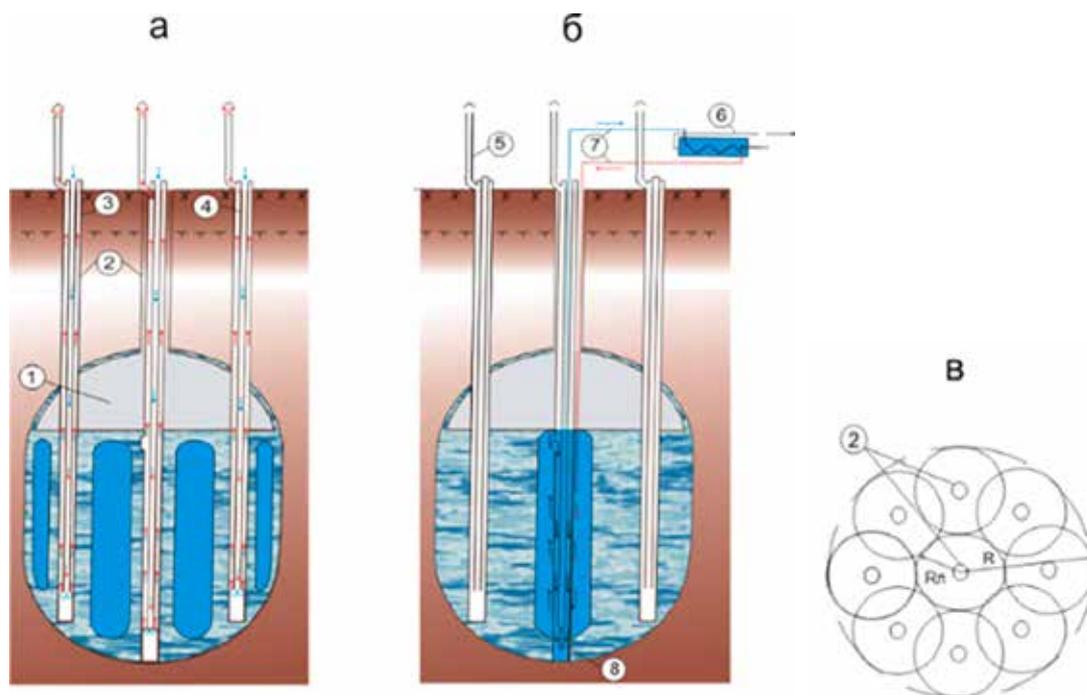


Рис. 3. Аккумулятор-охладитель [7, с. 152]: а – режим замораживания воды; б – режим охлаждения; 1 – подземный резервуар; 2 – воздушные замораживающие устройства (ВЗУ); 3, 4 и 5 – наружная, центральная и вытяжная трубы ВЗУ; 6 – теплообменник; 7 – нагнетательная и сливная трубы водяной циркуляционной системы (ВЦС); 8 – погружной насос ВЦС

3. Система управления температурным режимом подземных сооружений в массиве мерзлых грунтов [8].

Подземные сооружения, построенные в массиве мерзлых грунтов, охлаждают для повышения их устойчивости или обеспечения необходимого температурного режима.

В подземное сооружение холодный воздух подают принудительным способом или за счет естественной тяги. Способ управления температурным режимом подземных сооружений путем аккумуляции холода атмосферного воздуха в мерзлых грунтах, непосредственно окружающих их, недостаточно эффективен из-за относительно малой площади контакта холодного воздуха и грунта, а также малого объема грунтового аккумулятора холода. Холод распространяется вглубь массива мерзлых грунтов, и необходимая температура в сооружении в летнее время не поддерживается.

В связи с этим разработана технология дополнительного аккумуляции холода атмосферного воздуха в массиве мерзлых грунтов кровли сооружения (рис. 3). Для этого в основании слоя сезонного оттаивания над сооружением укладывается ряд охлаждающих каналов воздушной системы конвективного действия. После начала

работы охлаждающей системы холодная температурная волна от охлаждающих каналов распространяется вглубь массива и достигает уровня расположения сооружения, построенного на определенной глубине, к началу теплого периода года и продолжает поступать в течение времени, равного продолжительности сезонного функционирования воздушного охлаждающего устройства. Глубина заложения подземного сооружения определяется на основе второго закона Фурье, согласно которому в однородных грунтах температурные колебания происходят со сдвигом фаз, пропорциональным глубине

$$\tau = \frac{1}{2} z \sqrt{\frac{TC}{\pi\lambda}}, \quad (3)$$

где z – глубина; T – период колебаний температуры воздуха; C – объемная теплоемкость грунта; λ – коэффициент теплопроводности грунта. В формуле (3) τ время движения температурной волны в кровле сооружения задается.

Такая технология управления температурным режимом подземного сооружения более десяти лет действует в Федеральном криохранилище семян растений на 100 тыс. образцов, оборудованном в бывшей под-

земной лаборатории Института. При естественной температуре грунтов на глубине расположения хранилища минус 1,5 °С температура в хранилище в теплое время года не поднимается выше минус 6 °С. Впервые в мире в этом криохранилище необходимая температура создается за счет только естественного холода окружающих мерзлых грунтов и аккумулированного в них холода атмосферного воздуха. Кроме того, циркуляция холодного воздуха в охлаждающих устройствах осуществляется конвективным путем. Таким образом, управление температурным режимом криохранилища производится впервые в мире без затрат товарной энергии и без применения нагнетательных механизмов.

4. Отопление помещений теплотой фазового перехода воды [9].

В некоторых видах производственных помещений допустимыми являются высокие отрицательные температуры, близкие к 0 °С. Отопление и обогрев таких помещений может осуществляться теплотой, выделяемой при замерзании воды в металлических емкостях – водяных аккумуляторов тепла, установленных внутри помещения. В теплое время года лед в аккумуляторах тает под действием тепла солнечной радиации (зарядка аккумуляторов тепла). Количество воды в емкостях определяется суммарным количеством потерь тепла из помещения в течение всего холодного периода года и необходимым количеством остающейся в незамерзшем состоянии воды в аккумуляторах. Потери тепла зависят от климатических условий местности расположения помещения, его размеров, термического сопротивления ограждающих конструкций и технологических параметров объекта.

В суровых климатических условиях г. Якутска в течение пяти лет успешно проходит испытания опытный гараж, оборудованный водяными аккумуляторами тепла.

5. Снижение воздействия морозного пучения на свайные фундаменты.

Малонагруженные фундаменты в пучинистых грунтах подвержены, как известно, выталкивающему воздействию сил морозного пучения. Разработан способ снижения сил пучения на свайные фундаменты в условиях сезонного промерзания нагреванием промерзающих пучинистых грунтов вокруг свай [10]. Способ заключается в замедлении промерзания пучинистого грунта в слое сезонного промерзания путем передачи тепла из массива талого грунта с помощью известных сезонно действующих охлажда-

ющих устройств. Недостатками устройства являются применение способа только в области сезонного промерзания грунтов и уязвимость применяемого оборудования. Для замедления процесса промерзания грунтов в условиях как сезонного промерзания, так и сезонного оттаивания грунтов предложено нагревать грунты в зоне пучения теплотой фазового перехода воды. Для этого в верхней части полый свай создается полость в пределах зоны пучения, ограниченная водонепроницаемой перегородкой. Полость заполняется водой. Выделяемая при замерзании воды в полости свай теплота нагревает окружающие грунты и замедляет их промерзание. Вследствие миграции воды из незамерзшей части грунта около свайного пространства к фронту промерзания снижается влажность и, следовательно, пучинистость грунта. Кроме того, до полного замерзания воды в полости температура на контакте поверхности свай и замерзшей части грунта поддерживается на более высоком уровне, чем в окружающих грунтах, снижая силы смерзания.

Предложенный способ снижения воздействия морозного пучения на свайные фундаменты можно без эксплуатационных проблем применять как в условиях сезонного промерзания, так и в условиях сезонного оттаивания при строительстве малоэтажных зданий и надземных трубопроводов.

Показано, что воздух и вода как экологически безопасные природные энергетические ресурсы могут эффективно использоваться для управления температурным режимом различных природно-технических систем на обширной территории криолитозоны.

Заключение

1. Разработанные устройства и технологии, кроме способа воздействия морозного пучения на свайные фундаменты, прошли опытные и опытно-промышленные испытания, показавшие функциональность и эффективность их использования.

2. Охлаждающие воздушные и нагревательные водяные устройства отличаются простотой конструкции и надежностью функционирования.

Список литературы

1. Алексеев В.Р. Криогенные ресурсы и судьба цивилизации // Наука и техника в Якутии. 2011. № 1 (20). С. 85–90.
 2. Мельников В.П., Федоров Р.Ю. Роль природных криогенных ресурсов в традиционных системах жизнеобеспечения народов Сибири и Дальнего Востока // Вестник Томского государственного университета. 2018. № 426. С. 133–141.

3. Федоров Р.Ю. Проблемы и перспективы изучения роли природных криогенных ресурсов в культуре жизнеобеспечения народов Сибири // *Человек и Север: Антропология, археология, экология: материалы Всероссийской научной конференции*. Тюмень: ФИЦ ТНЦ СО РАН, 2018. С. 439–441.
4. Долгих Г.М., Окунев С.Н. Анализ надежности и эффективности систем температурной стабилизации многолетнемерзлых грунтов в основании зданий и сооружений // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2015. № 5. С. 14–17.
5. Чжан Р.В. К вопросу использования криопэггов как криогенного ресурса криолитозоны при строительстве и эксплуатации сооружений // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 5. С. 98–104.
6. Чжан А.А. Оценка возможности термостабилизации дорожных насыпей с помощью термоизоляции откосов в криолитозоне // «Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне»: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 60-летию образования Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (Якутск, 28–30 сентября 2020 г.). Якутск: Издательство ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2019. С. 436–439.
7. Кузьмин Г.П. Подземные сооружения в криолитозоне. Новосибирск: Наука, 2002. 176 с.
8. Кузьмин Г.П., Панин В.И. Способ охлаждения подземных сооружений в массиве многолетнемерзлых горных пород и устройство для его осуществления // Патент № 2621912 РФ. Патентообладатель Учреждение РАН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (RU). 2017.
9. Кузьмин Г.П. Устройство для поддержания околонулевой температуры в закрытых помещениях // Патент № 2617579 РФ. Патентообладатель Учреждение РАН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН. 2017.
10. Остробородов С.В., Пустовойт Г.П., Харивский О.Л., Хромьшев Н.К., Шевцов К.П., Лязгин А.Л. Способ замедления процесса сезонного промерзания // Патент 2318098 С1 РФ. Патентообладатель Открытое Акционерное Общество «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт по проектированию энергетических систем и электрических сетей» «Энергосетьпроект» (RU). 2008.

УДК 66.011:544.461:519.233.5
DOI 10.17513/use.38106

ТОПОХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА ФТОРИДНО-АММОНИЕВОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Пушкин А.А., Римкевич В.С., Гиренко И.В.

*ФГБУН «Институт геологии и природопользования» Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Благовещенск, e-mail: pushkin@ascnet.ru*

Работа посвящена изучению топохимической кинетики твердофазных химических реакций фторидно-аммониевой переработки золошлаковых отходов тепловых электростанций и проводится с целью апробации разрабатываемой технологии на актуальном для Амурского региона сырье. Ранее объектом разработки данной технологии являлось силикатное и алюмосиликатное сырье как Амурского, так и других регионов Российской Федерации. Расчет кинетических параметров (констант скоростей, коэффициентов формы кинетических кривых, энергий активации) с последующим определением зон и уравнений протекания реакций проводится методом параметрического регрессионного и корреляционного анализов с пятью параметрическими функциями (степенным и экспоненциальным законами, уравнениями Ерофеева – Авраами, трехмерной диффузии и сжимающегося объема), выбор между которыми проводится по минимуму погрешностей аппроксимаций для каждой температуры. Расчет далее сопровождается вычислением для данной температуры статистических характеристик выбранной модели регрессии и проверкой пяти статистических гипотез: гипотез Фишера об однородности дисперсии воспроизводимости и об адекватности модели регрессии, а также гипотез Стьюдента о значимости коэффициентов регрессии, о практической ценности функции отклика и значимости коэффициента корреляции. Для расчетов используется созданная авторами программа на языке Visual Basic в интерактивной среде разработки программного обеспечения Visual Studio Community 2019.

Ключевые слова: топокинетика, кинетические и статистические характеристики, фторидно-аммониевая переработка, регрессионный анализ, погрешность аппроксимации, статистическая гипотеза

TOPOCHEMICAL KINETIC OF FLUORIDE-AMMONIUM PROCESSING OF MAN-MADE ASH AND SLAG WASTE

Pushkin A.A., Rimkevich V.S., Girenko I.V.

*Institute of Geology and Nature Management of Far East Branch of the Russian Academy of Sciences,
Blagoveshchensk, e-mail: pushkin@ascnet.ru*

The work is devoted to the study of topochemical kinetics of solid-phase chemical reactions of fluoride-ammonium processing of ash and slag waste from thermal power plants and is carried out with the aim of testing the developed technology on raw materials relevant for the Amur region. Previously, the objects of development of this technology were silicate and aluminosilicate raw materials, both the Amur region and the Russian Federation. Calculation of kinetic parameters (velocity constants, kinetic curve shape coefficients, activation energies) with subsequent determination of zones and reaction equations by parametric regression and correlation analysis with five parametric functions (power and exponential laws, Erofei-Avraham equations, three-dimensional diffusion, and shrinking volume) which are selected to minimize the approximation errors for each temperature. The calculation is further accompanied by the calculation for the given temperature of the statistical characteristics of the selected regression model and the verification of the 5 statistical hypotheses: the Fisher hypothesis on the homogeneity of the reproducibility dispersion and on the adequacy of the regression model, as well as the Student hypothesis about the importance of regression coefficients, the practical value of the response function and the relevance of the correlation coefficient. For calculations it is used by authors' program in Visual Basic language in interactive environment of software development Visual Studio Community 2019.

Keywords: topokinetics, fluoride-ammonium processing, kinetic and statistical characteristics, regression analysis, approximation errors, statistical hypothesis

В связи со сложностью политической ситуации в РФ становится актуальным импортозамещение не только в технологической, но и в сырьевой области. В частности, РУСАЛ планирует замещение импорта глинозема из-за рубежа его производством из небокситового сырья на территории РФ. В 2018 г. на Ачинском глиноземном комбинате РУСАЛ произвел 1,069 млн т глинозема из уртитовых руд. В 2023 г. РУСАЛ планирует создание опытно-промышленного производства в Ачинске по получению глинозема из каолина и к 2034 г. доведение

производства глинозема до 1 млн т. Помимо каолина в качестве предполагаемого сырья рассматривается зола [1].

В ИГиП ДВО РАН разрабатывается фторидно-аммониевая технология переработки небокситового алюмосиликатного сырья, которая может успешно использоваться для золошлаковых отходов предприятий теплоэнергетики в связи с их накоплением в золоотвалах ТЭС Амурского региона [2–4]. Отметим, что зола приравнивается к полезным ископаемым, находящимся на поверхности Земли и содержащим большое количество

ценных элементов, редкоземельных элементов, поэтому, например, ее изучение вызывает большой интерес [2; 5].

Целью данной работы является расчет кинетических характеристик топохимических реакций спекания золы с гидродифторидом аммония (ГДФА) и разложения с улетучиванием и сублимацией фторидно-аммониевых солей в процессе термообработки их спека с определением зон и уравнений протекания данных реакций.

Материалы и методы исследования

Фторируемым реагентом для химической реакции спекания выбрана электромагнитная фракция золы состава в мас. %: SiO_2 – 54,27; Al_2O_3 – 21,01; Fe_3O_4 – 7,82; TiO_2 – 0,66; CaO – 8,24; MnO – 0,30; MgO – 2,49; Na_2O – 0,40; K_2O – 1,23; P_2O_5 – 0,08; SO_3 – 0,27; п.п.п. – 2,91 [2]. ЭФ составляет 88,7 мас. % пробы золы из золоотвала Благовещенской ТЭЦ и характеризуется высоким содержанием глинозема и низким содержанием серы. Экспериментальная реализация химических реакций фторирования и разложения с улетучиванием и сублимацией детально описана в [2]. Данная статья посвящена расчету кинетических и статистических характеристик исследуемых реакций.

Расчет проводится с применением параметрического регрессионного и корреляционного анализов с проверкой ряда статистических гипотез Фишера и Стьюдента [6, с. 352]. В качестве параметрических функций $\alpha^i(t)$ выберем степенной ($i = 0$) и экспоненциальный ($i = 2$) законы, относящиеся к уравнениям ускоряющегося типа, уравнению Ерофеева – Авраами ($i = 1$) сигмоидного типа, а также уравнениям трехмерной диффузии замедляющегося типа ($i = 3$) и сжимающейся сферы ($i = 4$) геометрического типа

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha^0(t) = c_r t^{c_s}, \quad i=0 \\ \alpha^1(t) = 1 - \exp(-c_r t^{c_s}), \quad i=1 \\ \alpha^2(t) = 1 - \exp(-c_r t), \quad i=2 \\ \alpha^3(t) = 1 - \left(1 - \sqrt{2c_r t/3}\right)^3, \quad i=3 \\ \alpha^4(t) = 1 - \left(1 - c_r t/3\right)^3, \quad i=4 \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\alpha^i(t)$ – i -я параметрическая функция, c_r и c_s – константа скорости и коэффициент формы кинетической кривой соответственно [7; 8, с. 438].

Регрессионные модели, строящиеся на основе нелинейных параметрических функций, также нелинейны. Модели для $i = 0, 1, 2$ строим аналогично работе [9], для моделей с $i = 3, 4$ учтем, что вместо проведения логарифмирования и решения уравнения регрессии с неравным нулю свободным членом, возможно сведение этих двух уравнений к регрессиям без свободного члена, угловой коэффициент в которых будет равен константе скорости c_r . После проведения замен (2) и (3)

$$x^i(t) = \begin{cases} \ln t, & i=0,1 \\ t, & i=2,3,4 \end{cases} \quad (2)$$

и

$$y^i(t) = \begin{cases} \ln(\alpha^0(t)), & i=0 \\ \ln(-\ln(1-\alpha^1(t))), & i=1 \\ \ln(1-\alpha^2(t)), & i=2 \\ 1.5 * \left(1 - (1-\alpha^3(t))^{1/3}\right)^2, & i=3 \\ 3 * \left(1 - (1-\alpha^4(t))^{1/3}\right), & i=4 \end{cases} \quad (3)$$

получим линейную регрессионную модель для i -й параметрической функции

$$y^i = (b_0)^i + (b_1)^i \cdot x^i, \quad (4)$$

где в формулах (2)–(4) индекс i ($i = 0, 1, 2, 3, 4$) нумерует линейные регрессионные модели, соответствующие параметрическим функциям $\alpha^i(t)$; $x^i(t)$ и $y^i(t)$ – обобщенные абсциссы и ординаты; $(b_0)^i$ и $(b_1)^i$ – первый и второй коэффициенты соответствующей линейной регрессионной модели.

Точечные оценки коэффициентов линейной регрессионной модели $(b_0^*)^i$ и $(b_1^*)^i$ рассчитываются методом наименьших квадратов по уравнению (4), в котором

$$x_{jk}^i = x^i(t) \Big|_{t=t_{jk}}, \quad \text{а} \quad y_{jk}^i = y^i(t) \Big|_{t=t_{jk}}^{\alpha^i = \alpha_{jk}},$$

индекс j ($j=0,1,\dots,m$) нумерует исследуемые температуры T_j , k ($k=0,1,\dots,n_j$) – моменты отсчетов времени, t_{jk} и α_{jk} – массивы экспериментальных значений моментов отсчета времени и степеней превращения вещества, в общем случае размерностей (n_j, m) .

Точечные оценки $(c_r^*)^i$ и $(c_s^*)^i$ кинетических параметров c_r и c_s , соответственно, для i -й регрессионной модели при температуре T_j вычисляются по формулам

$$\left\{ \begin{aligned} (c_r^*)_j^i &= \left(x^i \left((b_0^*)_j^i \right) \right)^{-1}, (c_s^*)_j^i = (b_1^*)_j^i, i=0,1 \\ (c_r^*)_j^i &= (b_1^*)_j^i, i=2,3,4 \end{aligned} \right. \quad (5)$$

Подставив точечные оценки параметров $(c_r^*)_j^i$ и $(c_s^*)_j^i$ в i -ю параметрическую функцию $\alpha^i(t)$, при температуре T_j получим функцию отклика $\alpha_j^i(t)$.

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha_j^0(t) &= (c_r^*)_j^0 \cdot t^{(c_s^*)_j^0}, i=0 \\ \alpha_j^1(t) &= 1 - \exp\left(- (c_r^*)_j^1 \cdot t^{(c_s^*)_j^1}\right), i=1 \\ \alpha_j^2(t) &= 1 - \exp\left(- (c_r^*)_j^2 t\right), i=2 \\ \alpha_j^3(t) &= 1 - \left(1 - \sqrt{2(c_r^*)_j^3 t / 3} \right)^3, i=3 \\ \alpha_j^4(t) &= 1 - \left(1 - (c_r^*)_j^4 t / 3 \right)^3, i=4 \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Энергию активации (ЭА) E^i вычисляют по уравнению Аррениуса для констант скоростей [10, с. 83], которое представимо в виде уравнения линейной регрессии без свободного члена:

$$\ln\left((c_r^*)_j^i\right) = -\frac{E^i}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_j}\right). \quad (7)$$

Предварительный выбор между регрессионными моделями (4) при каждой температуре выполняем по минимуму погрешностей аппроксимаций [6, с. 369], которые рассчитываются как относительные средние погрешности

$$\varepsilon_j^i = \frac{1}{n_j} \sum_{k=0}^{n_j} \left| \frac{\alpha_{jk}(t_{jk}) - \alpha_j^i(t) \Big|_{t=t_{jk}}}{\alpha_{jk}(t_{jk})} \right|, \quad (8)$$

где $\alpha_j^i(t) \Big|_{t=t_{jk}}$ – расчетные значения i -й функции отклика $\alpha_j^i(t)$ в моменты отсчета времени t_{jk} .

Расчет погрешностей коэффициентов линейных регрессионных моделей, имеющих интервальные оценки, осуществляется в соответствии с [6, с. 359]:

$$\left[(b_0^*)_j^i - t_\beta \cdot \frac{\sqrt{p}}{\sigma_\varepsilon^*} * (b_0^*)_j^i ; (b_0^*)_j^i + t_\beta \cdot \frac{\sqrt{p}}{\sigma_\varepsilon^*} * (b_0^*)_j^i \right] \quad (9)$$

и

$$\left[(b_1^*)_j^i - t_\beta \cdot \frac{\sqrt{p}}{\sigma_\varepsilon^*} \sigma_x^* * (b_1^*)_j^i ; (b_1^*)_j^i + t_\beta \cdot \frac{\sqrt{p}}{\sigma_\varepsilon^*} \sigma_x^* * (b_1^*)_j^i \right], \quad (10)$$

где t_β – критические точки распределения Стьюдента [11] для уровня значимости β и числа

$$\text{степеней свободы } p = n_j - 2, \quad \sigma_x^* = \sqrt{\frac{\sum (x_{jk}^i - \bar{x}_{jk}^i)^2}{n_j}}, \quad \sigma_\varepsilon^* = \sqrt{\frac{\sum (y_{jk}^i - y_{jk}^{i*})^2}{n_j}}, \quad y_{jk}^i \text{ и } y_{jk}^{i*} -$$

экспериментальные значения и ординаты линейной регрессии.

Как следует из формулы (5), погрешности кинетических параметров связаны с погрешностями коэффициентов линейной регрессионной модели, в частности погрешности констант скоростей $(c_r^*)_j^i$ совпадают с погрешностями коэффициентов $(b_1^*)_j^i$ для $i = 2, 3, 4$, а погрешности коэффициентов формы $(c_s^*)_j^i$ – с погрешностями ко-

эффициентов $(b_1^*)_j^i$ для $i = 0, 1$. Относительные погрешности констант скоростей $(c_r^*)_j^i$ для $i = 0, 1$ в силу их логарифмической связи с постоянным членом $(b_0^*)_j^i$ равны его аб-

$$\text{солютным погрешностям } \frac{\Delta(c_r^*)_j^i}{(c_r^*)_j^i} = \Delta(b_0^*)_j^i.$$

Расчет статистических характеристик для проверки гипотез Фишера и Стьюдента с формулами для расчета проводится подробно в работе [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Параметрические функции, выбранные при математическом моделировании химических реакций, получены исходя из предположений о сферической форме зародышей продукта. Дополнительно следует обсудить уравнение Ерофеева – Авраами. Следует заметить, что уравнение Ерофеева – Авраами, в силу того, что при замене переменных в нем возникает двойной логарифм, сглаживающий многие отклонения экспериментальных точек от линейной регрессии, обладает «широкой описательной способностью». Поэтому его применение должно быть осторожным и, в частности, недопустимым в случае противоречия с его физическим смыслом, например при наличии диффузионного торможения или в слу-

чае ускорения реакции в результате образования жидкой фазы [12, с. 50]. В нашем случае в реакции спекания золы с ГДФА фторидный реагент при третьей и четвертой температурах находится в расплавленном состоянии. Поэтому применение уравнения Ерофеева – Авраами для реакции спекания допустимо только при нижних температурах, а также оно может использоваться для реакции разложения с улетучиванием и сублимацией фторидно-аммониевых солей.

Эксперимент с химическими реакциями фторирования и разложения с улетучиванием и сублимацией фторидно-аммониевых солей, как отмечалось выше, описан в [2], интегральные и дифференциальные кинетические кривые исследуемых реакций и их графики подробно обсуждены в [9]. Расчет в работе [9] проводился для параметрических функций с $i = 0, 1, 2$ в формуле (1). В данной работе авторы дополнили расчет функциями с номерами $i = 3, 4$ с соответствующим изменением всех формул.

Кинетические и статистические характеристики, полученные в результате предварительного отбора по величине погрешностей аппроксимаций, для реакций спекания золы с ГДФА и разложения с улетучиванием и сублимацией фторидно-аммониевых солей

$T_j, ^\circ\text{C}$	50	100	150	200	350	450	550
$(c_r)_j^i, \text{мин}^{-1}$	0,000804	0,002356	0,003131	0,003787	0,017579	0,05915	0,071877
$(c_s)_j^i$	0,76	0,16	0,39	0,48	0,97	0,51	0,19
ε_j^i	3	4	3	3	2	2	4
$E^i, \text{кДж/моль}$	13				30,8		
$\alpha^i(t)$	Степенной				Ерофеева – Авраами		
Зона реакции	Диффузионная				Переходная		
$f_j^*(h_1; h_2)$	4,74	4,21	1,64	3,75	2,91	7,38	12,14
$f_\beta(h_1; h_2)$	19,37				19		
$(f^*)_j^i(p_1; p_2)$	2,0	3,59	2,9	3,72	5,42	2,42	1,49
$f_\beta(p_1; p_2)$	4,46				10		
$t^*(b_0)_j^i$	94,28	25,36	12,83	1,12	4,05	34,27	20,65
$t^*(b_1)_j^i$	39,19	7,66	12,19	4,4	67,08	20,61	6,61
$(r_{xy})_j^i$	1	0,97	0,99	0,91	1	0,99	0,95
$(t_r)_j^i$	27,71	5,42	9,25	3,11	51,96	15,96	5,12
(t_β)	4,3				3,18		

Примечания: $\alpha^i(t)$ – уравнение реакции, $f_j^*(h_1; h_2)$ и $f_\beta(h_1; h_2)$ – статистика и коэффициент Фишера для однородности дисперсии [13], $(f^*)_j^i(p_1; p_2)$ и $f_\beta(p_1; p_2)$ – статистика и коэффициент Фишера для адекватности регрессии, $t^*(b_0)_j^i$ и $t^*(b_1)_j^i$ – статистика для свободного члена и углового коэффициента, $(r_{xy})_j^i$ – коэффициент корреляции, $(t_r)_j^i$ – показатель согласованности Стьюдента, остальные обозначения в таблице как в тексте.

После расчета кинетики, выбора регрессионной модели с минимальной погрешностью аппроксимации и расчета статистических характеристик для выбранной модели проводим проверку пяти статистических гипотез регрессионного и корреляционного анализа: об однородности дисперсии воспроизводимости, об адекватности модели регрессии и о значимости ее коэффициентов, о практической ценности функции отклика и значимости коэффициента корреляции. При проверке гипотез соответствующие статистики рассчитываются и сравниваются с табличными значениями аналогично [9]. Результаты расчета кинетических и статистических характеристик приведены в таблице.

Из таблицы видно, что реакция фторирования золы ГДФА протекает при всех температурах по степенному закону в диффузионной зоне, а реакция разложения с улетучиванием и сублимацией фторидно-аммониевых солей – в переходной зоне по уравнению Ерофеева – Авраами. Проверка статистических гипотез показала, что для реакции спекания гипотезы об однородности дисперсии воспроизводимости и об адекватности модели регрессии выполняются при всех температурах. Гипотеза о значимости свободного члена выполняется только при трех нижних температурах, в то время как угловой член значим при всех температурах. Высокие значения коэффициента корреляции говорят о практической ценности функции отклика, а высокие значения показателя согласованности – о значимости коэффициента корреляции. Для реакции разложения с сублимацией фторидно-аммониевых солей проверка показывает, что гипотезы об однородности дисперсии воспроизводимости и об адекватности регрессионной модели выполняются при всех температурах, оба коэффициента регрессии значимы при всех температурах, функция отклика имеет практическую ценность, а коэффициент корреляции значим при всех температурах.

Заключение

Расчет кинетики топохимических реакций является неотъемлемой частью общей проблемы разработки фторидно-аммониевой технологии переработки минерального силикатного и алюмосиликатного сырья, а также золошлаковых техногенных отходов. Расчет проводился методом параметрического регрессионного и корреляционного

анализов с выбором между параметрическими функциями по минимуму погрешностей аппроксимаций и с последующей проверкой статистических гипотез Фишера и Стьюдента с целью придания убедительности результатам расчета. При отдельных температурах наблюдается нарушение гипотез, что свидетельствует о необходимости как более тщательного подбора параметрических функций, так и нахождения новых параметрических функций. Вместе с тем описание хода химической реакции степенной функцией в случае спекания и уравнением Ерофеева – Авраами в случае разложения с улетучиванием и сублимацией, по-видимому, является достаточно хорошим приближением.

Список литературы

1. Полина Трифонова. UC Rusal хочет отказаться от импортного сырья // Ведомости (vedomosti.ru). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/12/09/818254-uc-rusal-otkazatsya-siryu> (дата обращения: 07.09.2023).
2. Римкевич В.С., Сорокин А.П., Пушкин А.А., Гиренко И.В. Физико-химические исследования распределения полезных компонентов в техногенных отходах предприятий теплоэнергетики // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2020. № 3. С. 152–165.
3. Пушкин А.А., Римкевич В.С. Статистическая обработка экспериментов по кинетике химических реакций // Успехи современного естествознания. 2020. № 3. С. 76–81.
4. Пушкин А.А., Римкевич В.С. Кинетика фторидно-аммониевой переработки золы углей предприятий теплоэнергетики // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 5. С. 114–123.
5. Zaixing Huang, Maohong Fan, and Hanjing Tian. Rare Earth Elements of fly ash from Wyoming's Powder River Basin coal // J. Rare Earth. 2020. Vol. 38. P. 219–226.
6. Балдин К.В., Башлыков В.Н., Рукосуев А.В. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник. 2-е изд. М.: Дашков & К°, 2014. 473 с.
7. Артамонова И.В., Чернышева Е.Н. Методика расчета кривых термоанализа кальцита // Известия МГТУ «МАМИ». Серия Естественные науки. 2013. Т. 3, № 1 (15). С. 9–12.
8. Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. 838 с.
9. Пушкин А.А., Римкевич В.С., Гиренко И.В. Применение статистического анализа к расчетам по топохимической кинетике фторидно-аммониевой переработки золошлаковых техногенных отходов ТЭЦ // Теоретические основы химической технологии. 2022. Т. 56, № 5. С. 596–606.
10. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики: учеб. пособие для университетов и химико-технологических вузов. 2-е изд., доп. М.: Высшая школа, 1976. 375 с.
11. Таблица критических точек t-распределения Стьюдента. [Электронный ресурс]. URL: <https://100task.ru/sample/120.aspx> (дата обращения: 07.09.2023).
12. Розовский А.Я. Кинетика топохимических реакций. М.: Химия, 1974. 224 с.
13. Распределение Фишера (F-распределение). [Электронный ресурс]. URL: <https://math.semestr.ru/corel/tablefisher.php> (дата обращения: 07.09.2023).