



ИД «Академия Естествознания»

УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Научный журнал

№ 7 2023



ADVANCES IN CURRENT NATURAL SCIENCES

Scientific journal

No. 7 2023



PH Academy of Natural History

Успехи современного естествознания

Научный журнал

Журнал издается с 2001 года.

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

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

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

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

Технический редактор

Доронкина Е.Н.

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

Корректор

Галенкина Е.С.,

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

Дудкина Н.А.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

ISSN 1681-7494

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

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

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,775

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,368

Периодичность

12 номеров в год

Учредитель, издатель и редакция

ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес

105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя

440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Типография

ООО «НИЦ Академия Естествознания»

410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

E-mail

edition@rae.ru

Телефон

+7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

31.07.2023

Дата выхода номера

31.08.2023

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

16,0

Тираж

1000 экз.

Заказ

УСЕ 2023/7

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

Advances in current natural sciences

Scientific journal

The journal has been published since 2001.

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

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

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

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

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

CHIEF EDITOR

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

Technical editor

Doronkina E.N.

DEPUTY CHIEF EDITOR

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

Corrector

Galenkina E.S.,

Dudkina N.A.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

EDITORIAL BOARD

D.Sc., Docent **Abdulvaleev R.R.** (Ufa); D.Sc., Prof. **Abilkhasimov Kh.B.** (Astana); D.Sc., Prof. **Aidosov A.** (Almaty); D.Sc., Prof. **Alekseev S.V.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Aloev V.Z.** (Nalchik); D.Sc., Prof. **Andreev S.S.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent, **Andreeva E.S.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent **Anishchenko L.N.** (Bryansk); D.Sc., Prof. **Bayrambekov Sh.B.** (Kamyzyak); D.Sc., Prof. **Beisembaev K.M.** (Karaganda); D.Sc., Prof. **Belozеров V.V.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent **Belous O.G.** (Sochi); D.Sc., Prof. **Berson G.Z.** (Velikiy Novgorod); D.Sc., Prof. **Bondarev V.I.** (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. **Galkin A.F.** (Ukhta); D.Sc., Prof. **Gavrishin A.I.** (Novocheboksarsk); D.Sc. **Gorbacheva A.G.** (Pyatigorsk); D.Sc. **Goryanin O.I.** (Samara); D.Sc., Prof. **Gusev A.I.** (Biysk); D.Sc., Prof. **Danilin I.M.** (Krasnoyarsk); D.Sc., Docent **Dolgov A.V.** (Murmansk); D.Sc., Prof. **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 **Kuz'yakov 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. **Tarassenko A.A.** (Tyumen); D.Sc. **Teplukhin V.K.** (Oktyabr'skiy); D.Sc., Prof. **Titov V.A.** (Moscow); D.Sc., Prof. **Titov V.N.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Tikhonovskiy A.N.** (Salekhard); D.Sc., Prof. **Trofimenko S.V.** (Neryungri); D.Sc., Prof. **Ulrich E.V.** (Kemerovo); D.Sc., Prof. **Choduraev T.M.** (Bishkek); D.Sc., Prof. **Shamshiev B.N.** (Osh); D.Sc., Prof. **Shantarin V.D.** (Tyumen); D.Sc., Prof. **Shatov A.A.** (Ufa); D.Sc., Prof. **Shirapov D.Sh.** (Ulan-Ude); D.Sc., Prof. **Shishelova T.I.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Shugunov L.Zh.** (Nalchik); D.Sc., Prof. **Yurgenson G.A.** (Chita); D.Sc., Prof. **Yakovenko N.V.** (Voronezh); D.Sc., Prof. **Yamaletdinova K.Sh.** (Chelyabinsk)

ISSN 1681-7494

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

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

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

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

Periodicity	12 issues per year
Founder, publisher and editors	LLC PH Academy of Natural History
Mailing address	105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial and publisher address	440026, Penza, st. Lermontov, 3
Printing house	LLC SPC Academy of Natural History 410035, Saratov, st. Mamontova, 5
E-mail	edition@rae.ru
Signed for print	31.07.2023
Format	60x90 1/8
Circulation	1000 copies
Telephone	+7 (499) 705-72-30
Number issue date	31.08.2023
Conditionally printed sheets	16,0
Order	YCE 2023/7

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

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОРТООБРАЗЦОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА
ПО ПЛОЩАДИ КОРЗИНКИ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Гусева С.А., Волков Д.П., Носко О.С., Кудряшов С.П., Чехонин В.Н., Ларина Т.В.8

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

СТАТЬИ

ОСОБЕННОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ
ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ В 2021–2023 ГОДАХ

Берестов А.В., Котова Е.И.16

ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
ГОРНО-КОЛЫВАНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА АЛТАЙСКОГО
КРАЯ ПОЛИГРАФОМ УССУРИЙСКИМ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Долгачева Л.Е., Ротанова И.Н.21

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ СВЕДЕНИЯМИ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Затолокин А.С., Петров Ю.В.27

СОЦИАЛЬНЫЙ ТУРИЗМ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Карпова Ю.И., Волкова Т.А., Комаров Д.А., Максимов Д.В.32

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА ОТТОК
НАСЕЛЕНИЯ ИЗ ОТДАЛЕННЫХ РАЙОНОВ ЯКУТИИ
(НА ПРИМЕРЕ ОЙМЯКОНСКОГО УЛУСА)

Слепцов С.С., Андреев М.Н., Слепцова С.С.42

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА
В ВЫСОКОГОРЬЯХ КАТУНСКОГО ХРЕБТА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Филимонова Е.О., Тимошок Е.Е., Савчук Д.А., Николаева С.А.49

АКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ ПРИ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭРОВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Цыганков Д.А.55

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Чернов В.И.61

ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА
ЕКАТЕРИНБУРГА В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

Янцер О.В.67

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

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ДОННЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА САБАКТЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Юсупова А.Р., Нургалиева Н.Г., Кузина Д.М., Косарева Л.Р., Юнусова Д.А. 72

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

ПРИМЕНЕНИЕ АДсорбционных МОДЕЛЕЙ для ОПИСАНИЯ
СОрбции ЗОЛОТА ИЗ ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРОВ ПРИРОДНЫМИ
ЦЕОЛИТАМИ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Белова Т.П. 82

ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ДОЛИНЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ВСКРЫШНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПЕЙ

Дорош Е.А., Тальгамер Б.Л. 88

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Мокаев А.Р., Носков М.Ф., Курленко К.П. 97

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ГЛИН В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ
для ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Пимнева Л.А. 103

РАСПОЗНАВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ОБРАЗОВ ТРЕЩИН МАССИВА ГОРНЫХ
ПОРОД НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПО ДАННЫМ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

Соколов К.О., Шамаев С.Д. 109

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ТРУБОПРОВОДОВ для ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ
НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБ ИЗ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ

Сулейманова Р.М., Кострюкова Н.В., Мельникова А.С. 115

ПУТИ СОЗДАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ТУКАЕВСКОГО
МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*Урбанова О.Н., Горшкова А.Т., Бортникова Н.В., Семанов Д.А.,
Рыков Р.А., Горбунова В.П., Анисимова Л.Г.* 121

CONTENTS

Agricultural sciences (4.1.1 General agriculture and crop production)

ARTICLE

ECOLOGICAL STUDYING THE BASKET AREA OF SUNFLOWER
VARIETIES IN THE RIGHT BANK SARATOV REGION CONDITIONS

Guseva S.A., Volkov D.P., Nosko O.S., Kudryashov S.P., Chekhonin V.N., Larina T.V.8

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

ARTICLES

FEATURES OF THE SNOW COVER OF THE COASTAL TERRITORY
OF THE ONEGA BAY OF THE WHITE SEA IN 2021–2023

Berestov A.V., Kotova E.I.16

ASSESSMENT OF DAMAGE TO FOREST PLANTATIONS
OF THE GORNO-KOLYVAN FORESTRY OF THE ALTAI
TERRITORY BY THE POLYGRAPHUS PROXIMUS
BLANDFORD USING REMOTE SENSING DATA

Dolgacheva L.E., Rotanova I.N.21

INFORMATION PROVISION OF THE POPULATION WITH
INFORMATION ON THE RESULTS OF ENVIRONMENTAL
MONITORING IN THE TYUMEN REGION

Zatolokin A.S., Petrov Yu.V.27

SOCIAL TOURISM IN THE RUSSIAN FEDERATION

Karpova Yu.I., Volkova T.A., Komarov D.A., Maksimov D.V.32

IMPACT OF THE QUALITY OF HEALTHCARE ON THE OUTFLOW
OF THE POPULATION FROM THE REMOTE AREAS OF YAKUTIA
(ON THE EXAMPLE OF OYMYAKON ULUS)

Sleptsov S.S., Andreev M.N., Sleptsova S.S.42

CURRENT STATE OF UPPER FOREST LINE IN HIGH ELEVATIONS
OF THE KATUNSKY RANGE (THE ALTAI MOUNTAINS)

Filimonova E.O., Timoshok E.E., Savchuk D.A., Nikolaeva S.A.49

ACOUSTIC IMPACT ON THE AIR ENVIRONMENT DURING THE
CONSTRUCTION AND OPERATION OF THE AIRPORT COMPLEX

Tsygankov D.A.55

AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
ON THE TERRITORY OF THE KRASNOYARSK BASIN

Chernov V.I.61

THE MAIN TRENDS OF SEASONAL VEGETATION DYNAMICS
IN YEKATERINBURG IN CONNECTION WITH CLIMATIC CHANGES

Yantser O.V.67

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)
ARTICLECOMPOSITION CHARACTERISTICS OF SABAKTY LAKE LACUSTRINE
SEDIMENTS (SOUTHERN URALS)

Yusupova A.R., Nurgalieva N.G., Kuzina D.M., Kosareva L.R. 72

Technical sciences (1.6.7, 1.6.9, 1.6.16, 2.8.1, 2.8.6, 2.8.7, 2.8.9)
ARTICLESAPPLICATION OF ADSORPTION MODELS FOR DESCRIPTION
OF GOLD SORPTION FROM CHLORIDE SOLUTIONS BY NATURAL
ZEOLITES IN A STATIC MODE

Belova T.P. 82

INFLUENCE OF THE TRANSVERSE PROFILE OF THE VALLEY
ON THE EFFICIENCY OF STRIPPING OPERATIONS
IN THE DEVELOPMENT OF PLACERS

Dorosh E.A., Talgamer B.L. 88

THE POTENTIAL USE OF HYBRID ENERGY COMPLEXES BASED
ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

Mokaev A.R., Noskov M.F., Kurlenko K.P. 97

THE USE OF NATURAL CLAYS AS SORBENTS FOR THE TREATMENT
OF NATURAL AND WASTEWATER

Pimneva L.A. 103

RECOGNITION OF WAVE PATTERNS OF ROCK MASSIF CRACKS BASED
ON NEURAL NETWORKS FROM GPR DATA

Sokolov K.O., Shamaev S.D. 109

IMPROVING THE SAFETY LEVEL OF PIPELINES FOR THE TRANSPORTATION
OF PETROLEUM PRODUCTS BASED ON THE USE OF PIPES MADE
OF POLYMER-COMPOSITE MATERIALS

Suleymanova R.M., Kostryukova N.V., Melnikova A.S. 115

WAYS OF CREATING HYDROLOGICAL MAPS OF THE TUKAEVSKY
MUNICIPAL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

*Urbanova O.N., Gorshkova A.T., Bortnikova N.V., Semanov D.A.,
Rykov R.A., Gorbunova V.P., Anisimova L.G.* 121

СТАТЬЯ

УДК 633.854.78:631.9
DOI 10.17513/use.38064

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОРТООБРАЗЦОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПО ПЛОЩАДИ КОРЗИНКИ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Гусева С.А., ¹Волков Д.П., ¹Носко О.С., ²Кудряшов С.П., ²Чехонин В.Н., ¹Ларина Т.В.

¹ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт
сорго и кукурузы «Россорго», Саратов, e-mail: s.guseva76@mail.ru;

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», Саратов

В статье рассматриваются результаты изучения 43 генотипов подсолнечника, созданных в различных селекционных центрах РФ и зарубежья. Экспериментальная часть выполнялась на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Площадь учетной делянки – 7,7 м². Повторность – трехкратная. Размещение делянок рандомизированное. Густота стояния растений – 4,5 растений/м. Погодные условия в годы проведения исследований значительно различались. Гидротермический коэффициент (май – август) в 2016 г. составил 0,481, в 2017 г. – 0,975, в 2018 г. – 0,521. Изучаемые сортообразцы были распределены по группам спелости согласно Государственному реестру селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ 2018 г. и для каждой группы был проведен расчет по схеме двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – сортообразец, фактор В – год, взаимодействие – АВ и остаточное (неучтенное влияние)). По результатам расчета установлен вклад факторов генотипа, среды и их взаимодействия в общую изменчивость площади корзинки. Выявили значительное варьирование признака по годам. На изменчивость размера соцветия образцов всех пяти групп спелости значимое влияние оказывал фактор года (> 40%). Максимальное воздействие сорта отметили у позднеспелых образцов (32,96%), минимальное – у среднеспелых (2,58%). Высокие значения признака (> 400 см²) выявлены в 2017 г. у генотипа Патриот и в 2018 г. у образца УН1313. При изучении взаимосвязей площади соцветия подсолнечника с другими признаками была отмечена статистически значимая корреляция с массой семян с корзинки ($r = 0,78^{**}$). Значимость взаимодействия генотипа и окружающей среды по площади корзинки подтверждается значениями ранговых коэффициентов корреляции Спирмена. Он оказался незначим только для 2016 и 2017 гг., что означает, что у каждого образца наблюдалось различное изменение размера соцветия. Наиболее тесная связь установлена для 2018 г. и 2016–2018 гг. (0,85**), для 2017 г. и 2016–2018 гг. (0,73**) и 2016 г. и 2016–2018 гг. (0,60**). Для 2017 и 2018 гг. значение коэффициента составило 0,54**, а для 2016 и 2018 гг. – 0,34*.

Ключевые слова: подсолнечник, площадь корзинки, генотип, среда, фактор, коэффициент асимметрии, сорт, год

ECOLOGICAL STUDYING THE BASKET AREA OF SUNFLOWER VARIETIES IN THE RIGHT BANK SARATOV REGION CONDITIONS

¹Guseva S.A., ¹Volkov D.P., ¹Nosko O.S., ²Kudryashov S.P., ²Chekhonin V.N., ¹Larina T.V.

¹RosNIISK “Rossorgo”, Saratov, e-mail: s.guseva76@mail.ru;

²FANC South-East, Saratov

The article discusses the studying results of 43 sunflower genotypes created in various breeding centers of the Russian Federation and abroad. The experimental part was carried out on the experimental field of the Federal State Budgetary Scientific Institution RosNIISK “Rossorgo”. The area of the accounting plot was 7.7 m². Repetition of experiment – three times. Plot placement is randomized. Plant density – 4.5 plants/m. The weather conditions during the years of research was different. The hydrothermal coefficient (May–August) was 0.481 in 2016, 0.975 in 2017, and 0.521 in 2018. State Register of Breeding Achievements Approved for Use in the Russian Federation in 2018. For each group a calculation of two-factor analysis of variance was carried out (factor A is a variety sample, factor B is an environment, AB is an interaction of varieties and year and residual (unaccounted effects)). The contribution of genotype, environmental factors and their interaction to the overall variability of the basket area was established. The significant sign variation over the years was revealed. The environment sign factor had a significant effects on variability of genotypes' inflorescence size of all ripening groups (>40%) The most effects of genes on late-ripening samples variety was noted (32.96%), as a lost – for mid-ripening (2.58%). High values of the basket area (>400 cm²) were detected in 2017 for Patriot genotype and for UN1313 genotype in 2018. The relationship between basket area and other signs was made. A statistically significant correlation between basket area and weight of seeds per head ($r = 0.78^{**}$) was noted. The significance of the interaction between the genotype and the environment in terms of basket area is confirmed by the values of Spearman's rank correlation coefficients. It turned out to be insignificant only for 2016 and 2017, which means that each sample showed a different change in the size of the inflorescence. The highest correlation was established for 2018 and 2016–2018. (0.85**), for 2017 and 2016–2018 (0.73**) and 2016 and 2016–2018 (0.60**). For 2017 and 2018, the value of the coefficient was 0.54**, and for 2016 and 2018 – 0.34*.

Keywords: sunflower, basket area, “genotype-environment”, factor of variety, factor of year, asymmetric coefficients, cultivar, year

В изменчивость признаков генотипов полевых культур и реализацию их генетического потенциала значимую роль вносит

среда произрастания [1]. Часто ее неверный выбор служит причиной снижения урожайности и иных качеств [2].

На образование соцветия подсолнечника, закладку цветков, а следовательно, и будущее количество семян оказывают влияние оказывают генотип и факторы внешней среды (погодные условия, обработка почвы, наличие питательных веществ, количество доступной влаги, света и т.д.). Взаимодействуя между собой, растения потребляют не столько ресурсов, сколько требуется каждому, а сколько выделено окружающей средой [3]. Преимущество одного генотипа перед другими, его выравненность сохраняется в тех условиях, где проводили отбор, и может теряться при их изменениях в связи с частичным фенотипическим проявлением генетических основ признака [4, 5].

В сухие годы формирование корзинок у подсолнечника начинается в более ранние сроки, во влажные – в более поздние. Соцветия у раннеспелых сортов и гибридов образуются при 3–4, у среднепоздних – при 5–8 парах настоящих листьев. Неблагоприятные условия в этот период приводят к развитию мелкой корзинки и небольшого количества цветков, что в дальнейшем практически нельзя исправить [6]. Выявлена отрицательная корреляционная связь размера соцветия от густоты стояния растений [7].

По данным ряда исследователей крупность корзинки у подсолнечника в большей степени зависит от размеров и площади листьев (корреляция с длиной ($r = 0,48$), с шириной ($r = 0,46$), с площадью ($r = 0,46$)). Коэффициент корреляции с высотой растения и скоростью роста побега слабая ($r = 0,19$ и $r = 0,22$ соответственно), а с количеством листьев – отрицательная ($r = -0,36$) [8].

Целью исследования являлось изучение варибельности признака «площадь корзинки», его взаимосвязь с другими признаками, а также выявление в двухфакторном полевом опыте вклада фактора сорта, фактора года и их взаимодействия в общую изменчивость размера соцветия.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования служили 43 сортообразца отечественной и зарубежной селекции: группа спелости от очень ранней до ранней (Саратовский 20, УН 1305, Фотон, Белгородский 94, Богучарец); раннеспелые (Сластена, Степной 81, Вейделевский 99, Посейдон 625, Беркут, УН 1304, Оракул, Шолоховский, Вейделевский, Воронежский 638, Орлан, Олигарх, Надежда, Светлана, PR 62A91, Юпитер, Континент, Харьковский 49); среднеранние (Махаон, Мелин, Крепыш, Любо, Махаон 40, Эве-

рест, Армони, Рокки, ЮВС-3); среднеспелые (Натали, Крупняк, Изабелла, Фортими, Тутти); позднеспелые (Мартын, Оливер, Старбелла, Белла, Патриот, УН 1313).

Посев проводили на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в трехкратной повторности. Густота стояния растений – 4,5 на 1 м². Площадь учетной делянки – 7,7 м² (2 ряда длиной 5,5 м; ширина междурядий 70 см). Размещение – рандомизированное. Диаметр корзинки измеряли через две недели после окончания цветения.

Для анализа выборки модельной популяции подсолнечника использовали статистический расчет с использованием средней арифметической (\bar{x}), коэффициентов вариации (V), асимметрии (As), эксцесса (Ex), относящихся к показателям изменчивости.

При $V > 20\%$ наблюдается сильная варибельность признака, при $V < 10\%$ – слабая и при $V = 10–20\%$ – средняя. Низкие коэффициенты вариации свидетельствуют об их стабильности, а высокие – о значительных возможностях отбора. При $As = 0$ – вариационный ряд симметричен, при $As < 0$ – наблюдается левосторонняя асимметрия, $As > 0$ – правосторонняя. Предельным значением коэффициента эксцесса, характеризующего степень крутизны распределения, является $Ex = -2$ [9]. Перед проведением корреляционного анализа была проведена проверка на нормальность распределения частот по критерию согласия Пирсона.

Исследуемые сортообразцы также распределили по группам спелости согласно Государственному реестру селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ 2018 г. [10]. Для каждой группы был проведен расчет по схеме двухфакторного дисперсионного комплекса (фактор А – сортообразец, фактор В – год, взаимодействие – АВ и остаточное (неучтенное влияние)). Оценку значимости взаимодействия «генотип – среда» при дисперсионном анализе проводили по показателям средних квадратов и F-критерию. F-критерий на 95% уровне оказался значимым для всех групп исследуемых образцов, кроме фактора сорта (А) группы среднеспелых.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методикам в обработке Б.А. Доспехова [9] с помощью программ Excel и «AGROS 2/09».

Результаты исследования и их обсуждение

Погодные условия в годы проведения исследований различались. Сумма осад-

ков за вегетационный период подсолнечника в 2016, 2017 и 2018 гг. составила 123, 222 и 133 мм соответственно, а их количество в 2016 и 2018 гг. было практически идентичным. Тем не менее распределение осадков по месяцам в разные годы сильно различалось. Май и июнь 2018 г. были засушливыми, большая часть осадков пришлось на июль. В мае 2016 г. была зафиксирована относительно высокая влагообеспеченность, а в последующие месяцы – низкая. Август был засушливым все три года проведения опыта.

Средняя температура воздуха была выше средней многолетней, за исключением первой половины вегетации 2017 г. Май был наиболее жарким в 2018 г., июль – в 2016 и 2018 гг., а максимальная средняя температура была установлена в августе 2016 г. (на $4,9^\circ$ выше средних многолетних данных). Гидротермический коэффициент (май – август) составил в 2016 г. – 0,481, 2017 г. – 0,975, 2018 г. – 0,521.

Исследования этого же периода времени в других научных учреждениях показали, что в соответствии с индексом условий среды 2016 г. (-6,58) был наиболее неблагоприятным для выращивания подсолнечника, а противоположным ему – 2017 г. (9,66) [11].

При изучении взаимосвязей площади корзинки подсолнечника с другими признаками установлена статистически значимая корреляция с массой семян с корзинки ($r = 0,78 \pm 0,06$, $R^2 = 0,61$) (рис. 1). Также достоверная корреляция установлена между площадью корзинки и урожайностью ($r = 0,54 \pm 0,11$) (критические значения коэффициента корреляции на 5% уровне составляют $0,30 \pm 0,14$, а на 1% уровне – $0,39 \pm 0,13$).

Проведенные статистические расчеты выявили среднюю изменчивость площади

соцветия модельной популяции подсолнечника в течение трех лет опыта ($V = 10\text{--}20\%$) (табл. 1). Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса – незначимы, что характеризует выборку как соответствующую нормальному распределению. Диапазон варьирования и величина коэффициента вариации оказались выше в год с засушливой первой половиной вегетации (2018 г.).

В 2016 г. лимиты средних значений составили ($\min = 115,50 \text{ см}^2$) и ($\max = 238,61 \text{ см}^2$). Отрицательный коэффициент асимметрии показывал на небольшое левостороннее смещение. Коэффициент эксцесса все годы проведения опыта имел положительные показатели. Это означает, что определенные факторы способствовали более частому появлению как средних, так и крайних значений признака. В 2016 г. отметили самое низкое значение коэффициента эксцесса, то есть существенных отклонений от среднего арифметического было меньше, чем в другие годы (табл. 1, рис. 2). Так как нами была установлена значимая взаимосвязь площади соцветия и массы семян с корзинки, то можно предположить о существенном снижении продуктивности корзинки в условиях 2016 г., а следовательно, и урожайности.

2017 г. характеризовался повышенным количеством осадков в начале вегетации растений. Увеличилось среднее значение признака, распределение приблизилось к симметричному, но усилилась его островершинность – параметры соцветия основной части образцов в большей степени сконцентрировались вокруг среднего значения, но также присутствовали и выпадки (рис. 3). Диапазон варьирования площади корзинки составил $183,1\text{--}424,1 \text{ см}^2$. Тем не менее основное количество сортообразцов (79,1%) формировали соцветия размером $230\text{--}320 \text{ см}^2$.

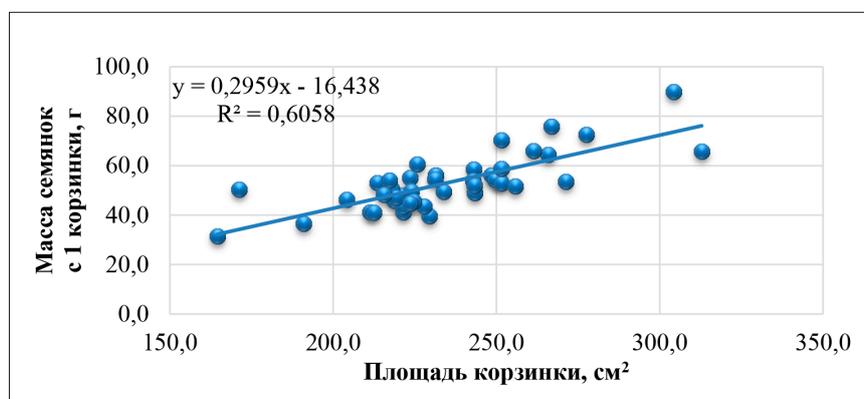


Рис. 1. Взаимосвязь площади корзинки и массы семян с одной корзинки, 2016–2018 гг.

Примечание. $F_{\text{факт}} = 63,02^*$, $sb = 0,037$, $sy = 6,97$, $\alpha = 8,07214E-10 = 0,000081 < 0,05$

Таблица 1

Статистические параметры площади корзинки модельной популяции сортообразцов подсолнечника, 2016–2018 гг.

Параметр	2016	2017	2018	2016–2018
$F_{\text{факт}}$	11,25*	4,33*	11,37*	3,01*
$НСР_{0,05}$	21,73	52,27	36,1	47,23
Хи-квадрат, χ	1,39	0,03	0,05	1,85
Среднее, \bar{x}	176,49	280,54	247,76	234,57
Ошибка средней, $s_{\bar{x}}$	3,87	5,52	5,55	4,40
Процентиль x , %	48,00	51,20	51,90	56,00
Дисперсия, s^2	645,67	1280,32	1294,45	832,75
Ср. кв. откл., s	25,41	35,78	35,99	28,85
Козф. вариации, V	14,40	12,91	14,74	12,30
Экссесс, E_x	0,19 ns	0,57 ns	0,89 ns	0,44 ns
Ошибка, s_e	0,71	0,72	0,72	0,71
Асимметрия, A_s	-0,33 ns	0,06 ns	0,03 ns	0,30 ns
Ошибка, s_a	0,36	0,37	0,36	0,36
Min.	115,50	183,10	159,07	164,55
Max.	238,61	424,10	404,00	312,76

Примечание. ns – незначимо, * – значимо на 5% уровне.

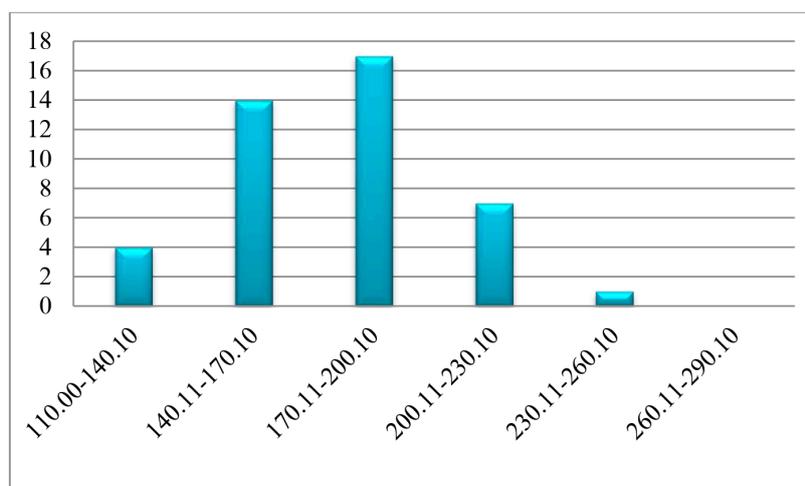


Рис. 2. Распределение сортообразцов подсолнечника по площади корзинки, 2016 г.

В 2018 г. наблюдалась засуха в первой половине вегетации, лимиты средних значений снизились и составили (min = 159,07 см²) и (max = 404,00 см²) (табл. 1). Кривая распределения характеризовалась слабой правосторонней асимметрией и относительной островершинностью (рис. 4). Большинство значений (62,8%) находились в диапазоне частот 200,11–260,10 см².

В среднем за три года интервал варьирования средних значений составил 164,55–312,76 см². Наиболее частые зна-

чения признака (76,7%) находились в диапазоне 200,11–260,10 см² (рис. 5). На представленном ниже рисунке можно наблюдать небольшую правостороннюю асимметрию и снижение крутизны эксцесса – большая часть значений незначительно отклонялась от средней величины. Корзинку площадью более 250 см² формировали образцы: раннеспелые (Орлан), среднеранние (Мэлин, Армони); среднеспелые (Крупняк, Изабелла, Натали, Фортими, Тутти); позднеспелые (Старбелла, Белла, Патриот, УН1313).

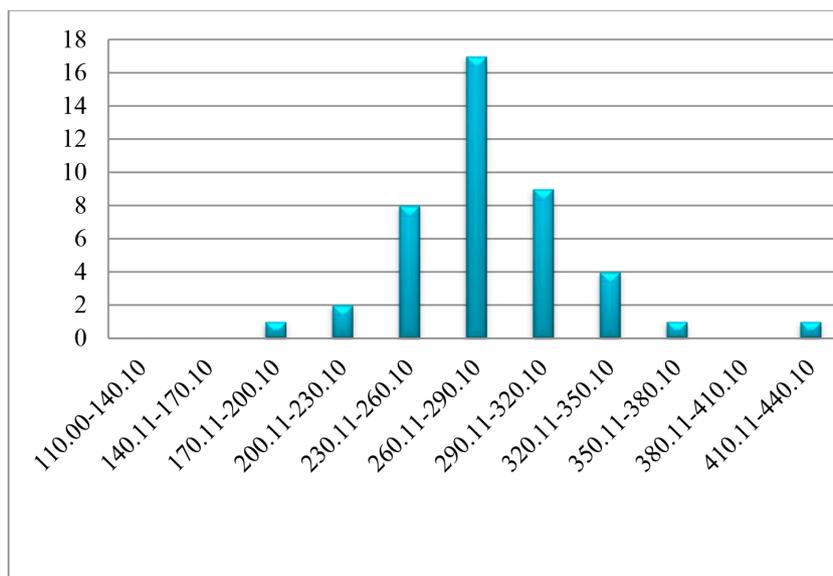


Рис. 3. Распределение сортов образцов подсолнечника по площади корзинок, 2017 г.

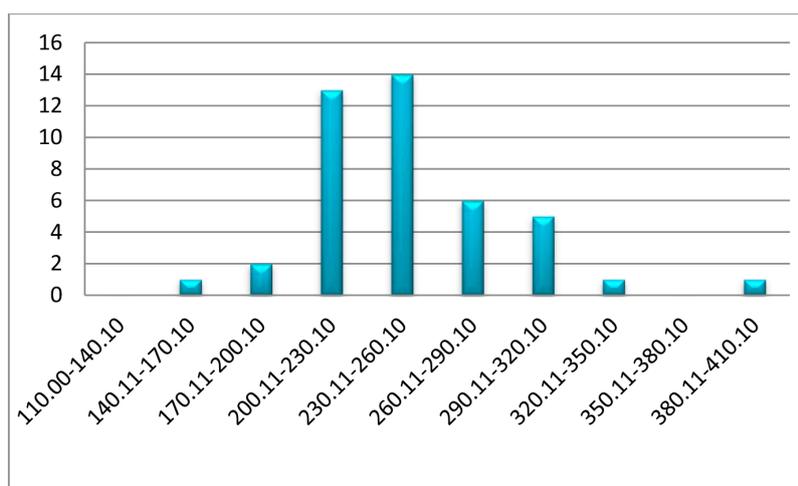


Рис. 4. Распределение сортов образцов подсолнечника по площади корзинок, 2018 г.

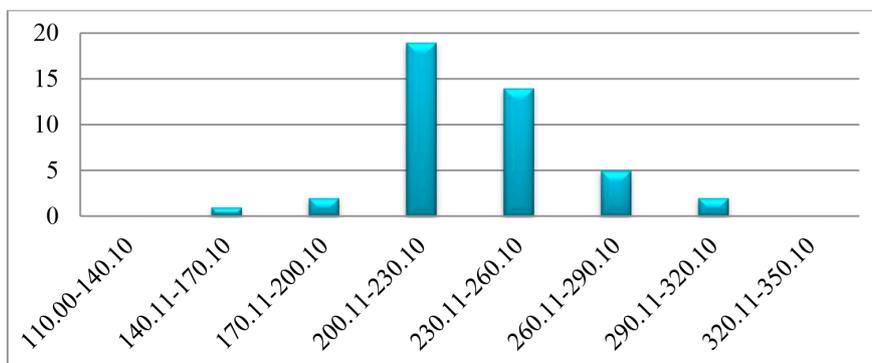


Рис. 5. Распределение сортов образцов подсолнечника по площади корзинок, 2016–2018 гг.

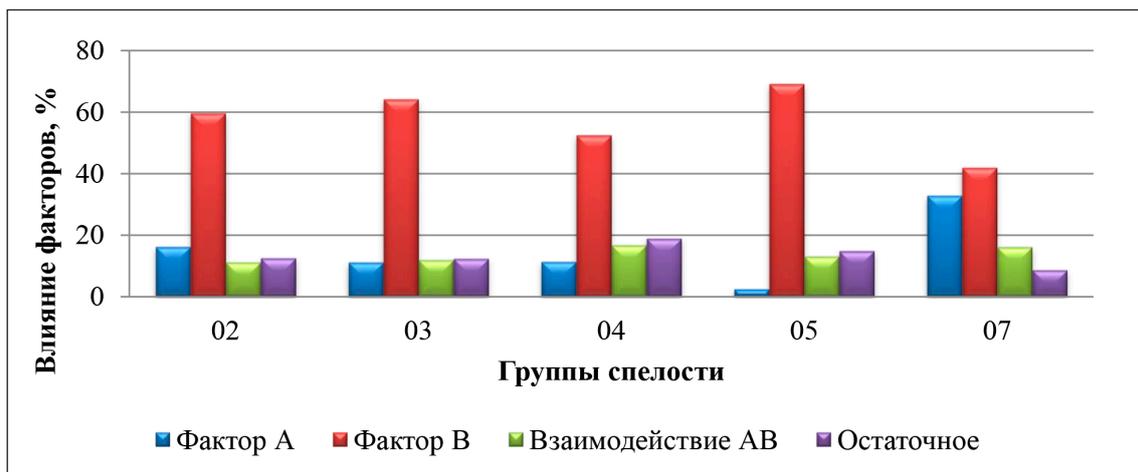


Рис. 6. Доля влияния факторов на изменчивость размера соцветия сортообразцов подсолнечника, %, 2016–2018 гг.: 02 – группа спелости от очень ранней до ранней, 03 – раннеспелые, 04 – среднеранние, 05 – среднепоздние, 07 – позднеспелые

Определение доли влияния фактора генотипа (А) и года (В) и их взаимодействия позволило установить преобладающие причины изменчивости фактических значений размера соцветия сортообразцов подсолнечника.

В группе «от очень ранней до ранней» диапазон варьирования размера соцветия находился в пределах 138,40–304,87 см². Крупную корзинку формировал образец УН1305, мелкую – Белгородский 94. Доля влияния фактора сорта составила 16,34%, фактора года (В) – 59,75%, взаимодействия факторов (АВ) – 11,26% и остаточного – 12,65% (рис. 6).

У раннеспелых сортообразцов подсолнечника лимиты значений изучаемого признака составили: min – 138,1 см², max – 345,5 см². Высокий средний показатель за 2016–2018 гг. отметили у образца Орлан, низкий – Харьковский 49. Изменчивость площади корзинки определялась генотипом (А) на 11,26%, внешним воздействием окружающей среды (В) на 64,27%, взаимодействием двух факторов (АВ) на 12,03%, остаточным – на 12,44% (рис. 6).

За время проведения опыта площадь корзинки сортообразцов подсолнечника среднеранней группы варьировала от 182,3 до 310,9 см². Максимальное среднее значение отметили у генотипа Армони, минимальное – Махаон. Изменчивость признака определялась фактором сорта на 11,47%, фактором года (В) – на 52,56%, их взаимодействием (АВ) – на 16,86%, неучтенным фактором – на 19,01%.

У генотипов среднеспелой группы диапазон значений исследуемого признака находился в пределах 163,5–361,7 см². У образцов: Натали, Фортими, Тутти средний показатель данных за три года исследования составил 251,5 см², максимальное значение отметили у образца Крупняк – 277,5 см². Доля воздействия фактора генотипа составила 2,58%, фактора окружающей среды – 69,26, взаимодействия двух факторов (АВ) – 13,21%, остаточного – 14,95%.

Предел изменчивости значений признака позднеспелых образцов составил 115,5–424,1 см². Максимальное среднее значение за 2016–2018 гг. было отмечено у генотипа Патриот, минимальное – у образца Мартын. Влияние фактора генотипа на изменчивость признака составило 32,96%, фактора года – 42,05%, взаимодействия двух факторов – 16,22%, остаточного – 8,77%.

F-критерий на 95% уровне оказался значимым для всех групп исследуемых образцов, кроме F-критерия фактора сорта групп среднеспелых (табл. 2).

Частные средние по фактору В (год) значимо различаются у образцов всех групп спелости (табл. 3).

Значимость взаимодействия генотипа и окружающей среды по площади корзинки подтверждается значениями ранговых коэффициентов корреляции Спирмена. Он оказался незначим только для 2016 и 2017 гг., что означает, что у каждого образца наблюдалось различное изменение размера соцветия.

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортообразцов подсолнечника по признаку «площадь корзинки», 2016–2018 гг.

Параметр		Группа спелости				
		От очень ранней до ранней	Раннеспелые	Средне-ранние	Средне-спелые	Поздне-спелые
Вариант	$F_{\text{факт}}$	14,316*	15,282*	9,048*	12,711*	21,194*
	$HCP_{0.5}$	42,863	42,863	40,490	51,466	52,007
Фактор А	$F_{\text{факт}}$	9,376*	6,129*	4,171*	1,348	26,03*
	$HCP_{0.5}$	24,747	19,942	23,377	–	30,03
Фактор В	$F_{\text{факт}}$	68,545*	297,23*	76,43*	72,457*	83,05*
	$HCP_{0.5}$	19,169	8,141	13,50	23,016	21,23
Фактор АВ	$F_{\text{факт}}$	3,229*	3,27*	3,06*	3,455*	6,41*
	$HCP_{0.5}$	42,863	34,540	40,49	51,466	52,01

Примечание: $*F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$.

Таблица 3

Множественные сравнения частных средних по фактору В по массе семян с одной корзинки

Год	Группа спелости				
	От очень ранней до ранней	Раннеспелые	Средне-ранние	Средне-спелые	Поздне-спелые
2016	153,39a	172,16a	191,77a	186,96a	177,34a
2017	262,76c	271,32c	272,21c	315,65c	306,97c
2018	212,33b	235,67b	251,19b	287,09b	275,99b

Примечание: варианты, сопровождаемые одинаковыми буквами, различаются незначимо по критерию Дункана.

Наибольшая взаимосвязь установлена для 2018 г. и 2016–2018 гг. ($0,85 \pm 0,08^{**}$), для 2017 г. и 2016–2018 гг. ($0,73 \pm 0,11^{**}$) и 2016 г. и 2016–2018 гг. ($0,60 \pm 0,12^{**}$). Для 2017 и 2018 гг. значение коэффициента составило $0,54 \pm 0,13^{**}$, а для 2016 г. и 2018 г. – $0,34 \pm 0,15^*$.

Заключение

При изучении взаимосвязей площади корзинки подсолнечника с другими хозяйственно ценными признаками была выявлена высокая, статистически значимая корреляция с массой семян с корзинки ($r = 0,78$). Достоверная средняя взаимосвязь установлена между площадью корзинки и урожайностью ($r = 0,54$).

Выявили среднюю изменчивость площади соцветия модельной популяции подсолнечника в течение трех лет опыта ($V = 10–20\%$). Распределение генотипов коллекции подсолнечника различалось по годам,

при этом коэффициенты асимметрии были незначимы и указывали на небольшое левостороннее смещение. Диапазон варьирования и величина коэффициента вариации оказались выше в год с засушливой первой половиной вегетации (2018 г.).

Установлено значительное варьирование признака по годам. На изменчивость площади корзинки сортообразцов всех пяти групп спелости значимое влияние оказывал фактор года ($> 40\%$). Максимальное влияние генотипа на изменчивость признака выявлено у позднеспелых образцов (32,96%), минимальное – у среднеспелых (2,58%). Высокие значения признака ($> 400 \text{ см}^2$) выявлены в 2017 г. у генотипа Патриот и в 2018 г. у образца УН1313.

Список литературы

1. Гусева С.А., Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П. Экологическое изучение сортов и гибридов подсолнечника в Нижнем Поволжье. М: Аграрная наука. 2019. № 3. С. 69–71. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-323-3-69-71.

2. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика. В 3 т. М.: Агрорус, 2008. 432 с.
3. Дьяков А.Б. Экология подсолнечника // Подсолнечник. М.: Колос, 1975. 592 с.
4. Дьяков А.Б., Борсуков А.А. Особенности адаптивных реакций гибридов подсолнечника на условия экстремальной засухи 2010 года на Европейской территории России // Масличные культуры. 2014. № 2 (159–160). С. 3–26.
5. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Оценка взаимодействия генотипа и среды в восприимчивой селекции растений // Генетические основы селекции растений: в 4 т. / Национальная академия наук Беларуси, институт генетики и цитологии; ред.: А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. 2-е изд. Минск, 2018. Т. 1: Общая генетика растений. С. 50–80.
6. Luxita R., Gabriel A.F., Pacureanu J.M., Sava E., Victorita M. The behavior of sunflower hybrids in different environmental conditions in Romania // Proc. of 19th Intern. Sunfl. Conf., Edirne, Turkey, 2016. P. 827–829.
7. Лукомец В.М., Тишков Н.М. Урожайность и качественные показатели крупной фракции семян при выращивании сортов кондитерского подсолнечника с разной густотой стояния растений // Масличные культуры. 2019. № 2 (178). С. 47–54.
8. Волгин В.В., Обыдало А.Д. Корреляция хозяйственно-биологических признаков между самоопыленными линиями и гибридами подсолнечника // Масличные культуры. 2015. № 4 (164). С. 20–28.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
10. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений». М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2018. 508 с.
11. Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Оценка экологической пластичности и стабильности крупноплодных сортов подсолнечника // Масличные культуры. 2019. № 3 (179). С. 35–39.

СТАТЬИ

УДК 550.42:551.578.46

DOI 10.17513/use.38065

ОСОБЕННОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ В 2021–2023 ГОДАХ**¹Берестов А.В., ^{1,2}Котова Е.И.**¹*ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: berestov.a@edu.narfu.ru;*²*Институт океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук,
Москва, e-mail: ecopp@yandex.ru*

Проведены исследования особенностей и динамики состава снежного покрова побережья Онежского залива Белого моря за трехлетний период (2021–2023 гг.). Пробы снежного покрова проанализированы на содержание ионов (хлорид-ион, сульфат-ион, ионы натрия, кальция, магния), биогенных элементов (фосфор, кремний, азот). Определены значения уровня pH и минерализации талой фазы снежного покрова. Показано, что ионный состав снежного покрова исследуемого района за рассматриваемый промежуток времени является непостоянным. Преобладающим ионом в большинстве случаев является хлорид-ион. Установлено, что содержание нерастворимых частиц в пробах снежного покрова, отобранных в прибрежной зоне Онежского залива Белого моря, незначительно превышает фоновое значение для арктических территорий. В последний год отмечено значительное снижение содержания нерастворимых частиц в снеге. Определена тенденция снижения уровня pH снежного покрова в юго-восточной части Онежского залива Белого моря. Выявлено значительное увеличение минерализации талого снега в 2022 г. в точке отбора проб «Каменный ручей», связанное с насыщением снежного покрова морской водой. Определены тенденции снижения содержания в снеге соединений азота. В свою очередь, содержание соединений фосфора в пробах снежного покрова увеличивается.

Ключевые слова: снег, прибрежная зона, ионный состав, кислотность снежного покрова, Белое море

FEATURES OF THE SNOW COVER OF THE COASTAL TERRITORY OF THE ONEGA BAY OF THE WHITE SEA IN 2021–2023**¹Berestov A.V., ^{1,2}Kotova E.I.**¹*Northern (Arctic) Federal University named M.V. Lomonosov,
Arkhangelsk, e-mail: berestov.a@edu.narfu.ru;*²*Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, e-mail: ecopp@yandex.ru*

Studies of the features and dynamics of the composition of the snow cover of the coast of the Onega Bay of the White Sea for a three-year period (2021–2023). Samples of the snow cover were analyzed for the content of ions (chloride ion, sulfate ion, sodium, calcium, magnesium ions), biogenic elements (phosphorus, silicon, nitrogen). The values of the pH level and mineralization of the thawed phase of the snow cover were determined. It is shown that the ionic composition of the snow cover of the studied area for the considered period of time is unstable. The predominant ion in most cases is the chloride ion. It was found that the content of insoluble particles in snow cover samples taken in the coastal zone of the Onega Bay of the White Sea slightly exceeds the background value for the Arctic territories. In the last year, there has been a significant decrease in the content of insoluble particles in snow. The trend of decreasing the pH level of snow cover in the southeastern part of the Onega Bay of the White Sea has been determined. A significant increase in the mineralization of melted snow in 2022 at the sampling point “Kamenny Ruchey” was revealed, associated with the saturation of the snow cover with seawater. The trends of decreasing the content of nitrogen compounds in snow have been determined. In turn, the content of phosphorus compounds in snow cover samples increases.

Keywords: snow, coastal zone, ionic composition, acidity of snow cover, White Sea

В современном индустриальном мире значительное влияние на окружающую среду оказывает антропогенное воздействие. В атмосферу поступает и накапливается значительное количество загрязняющих веществ, источником которых являются промышленные предприятия [1].

Источником загрязнения, который наиболее трудно выявить, является процесс переноса загрязняющих веществ воздушными массами [2]. Одним из возможных способов определения химического состава и генези-

са загрязнения окружающей среды является исследование состава снежного покрова. Снежный покров является аккумулялирующим индикатором загрязнения окружающей среды в зимний период. Благодаря тому, что снежный покров присутствует в Онежском районе Архангельской области большую часть года, появляется возможность выявить геохимические особенности за большой промежуток времени (7–8 месяцев).

Проведенные ранее исследования снежного покрова на Европейской территории

северо-востока Российской Федерации [3] выявили, что химический состав снежного покрова фоновых ландшафтов главным образом формируется за счет растворимых соединений элементов. Основными водорастворимыми соединениями являются как макроэлементы (Na, K, Ca, Mg), так и микроэлементы (Ni, Cd, Zn, Mn, Cu, Pb). При этом при движении с юга на север содержание растворимых форм элементов увеличивается.

Ионный состав снежного покрова прибрежной зоны европейской части Арктики обладает высокими значениями коэффициента вариации [4]. Морские аэрозоли насыщают снежный покров прибрежных территорий ионами натрия и хлорид-ионами, концентрации которых в значительной степени коррелирует между собой. За счет переноса воздушных масс с незамерзающей части арктических морей в атмосферных осадках выявлены максимальные концентрации хлорид-ионов и ионов натрия в холодный период. Прибрежные территории Архангельской области характеризуются повышенным содержанием сульфат-ионов. Сульфаты распространены не только за счет дальнего переноса, но и из-за местного антропогенного воздействия. Источником закисления снежного покрова является по большей степени перенос воздушных масс с западного направления.

Исследования геохимических особенностей снежного покрова водосбора Белого моря в 2020 г. [5] показали относительно низкое содержание нерастворимых частиц в снежном покрове водосбора Онежского залива Белого моря (1,06–1,41 мг/л), которое соответствует фоновому уровню Арктики. При этом вблизи автодорог отмечены более высокие концентрации взвешенных частиц в снеге – 13,1–32,1 мг/л.

Основу экономики Онежского района составляют предприятия лесопромышленного, агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов. На побережье Онежского залива расположен карьер «Покровское», который более 30 лет занимается добычей и производством высококачественных нерудных строительных материалов. Вместе с тем побережье Онежского залива Белого моря вблизи устья р. Онега активно используется в рекреационных целях. Одним из значимых источников загрязнения окружающей среды данной территории является атмосферный перенос, в том числе с территории Кольского полуострова [2]. Изучение состава снежного покрова по-

зволяет оценить аэрогенное поступление поллютантов на территорию.

Целью данной работы является выявление особенностей состава снежного покрова в прибрежной территории Онежского залива Белого моря.

Материалы и методы исследования

Пробы снежного покрова были отобраны на прибрежной территории Онежского залива Белого моря в трех точках: пос. Ворзогоры, пос. Кянда и Каменный ручей (рис. 1).

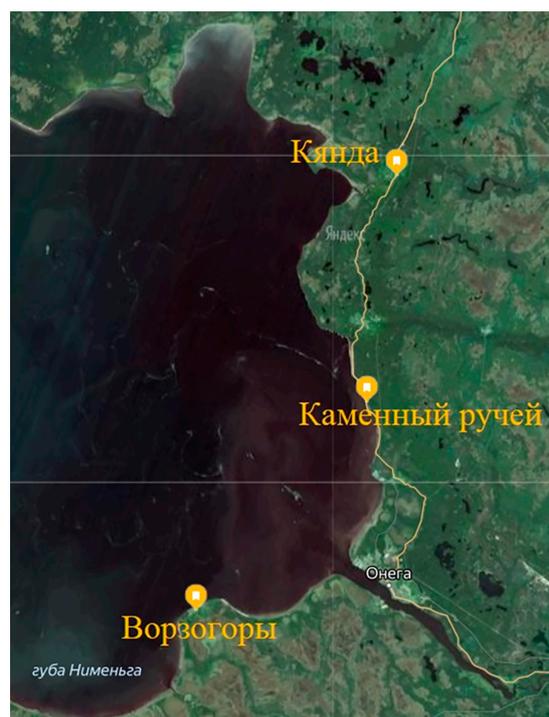


Рис. 1. Схема расположения мест отбора проб снежного покрова

Пробы отбирались в период максимального снегонакопления (март) в течение трех лет, в 2021–2023 гг.

Методика отбора проб заключалась в отборе снежного покрова практически на всю глубину залегания за исключением слоя снежного покрова 5 см от земли, чтобы устранить при дальнейших анализах случайное попадание химических элементов, генезис которых не связан с эоловым переносом, и исключить загрязнение проб частицами подстилающей почвы. Геометрическая форма отобранной пробы снежного покрова представляет собой прямоугольный параллелепипед для корректного вычисления геометрического объема. Отбор проводился пластмассовой лопатой в пластмассовые ведра, предварительно промытые

дистиллированной водой. После отбора ведро закрывалось пластмассовой крышкой и транспортировалось до холодильной установки, в которой хранилось до проведения дальнейшего анализа.

Пробоподготовка состояла из растапливания пробы снега при комнатной температуре, выделения взвешенного вещества методом вакуумной фильтрации с использованием фильтров с порами 0,45 мкм. Количество взвешенного вещества определялось гравиметрическим методом. Сразу же после растапливания пробы проводились замеры рН и минерализации талой фазы снега.

Количественный химический анализ проб на содержание хлоридов, сульфатов, ионов натрия, магния, кальция проводился методом ионной хроматографии (ФР.1.31.2005.01724, ПНД Ф 16.1.8-98). Концентрации биогенных элементов определены фотометрически по стандартным методикам [6, с. 117].

Результаты исследования и их обсуждение

На рассматриваемой территории установление снежного покрова происходило в третьей декаде ноября – начале декабря, сход снежного покрова начинался во второй половине марта. Условия снегозалегаания в рассматриваемые зимние сезоны были различны. Количество снежных осадков, выпавших за определенный период на определенной территории, характеризует величина слоя снежного покрова. В 2021 г. средняя высота снежного покрова на побережье Онежского залива составляла 36 см. В 2022–2023 гг. высота снега достигла 52–53 см. Предположительно наименьшая средняя высота снежного покрова в 2021 г. связана не только с меньшим количеством атмосфер-

ных осадков, но и с уплотнением снежного покрова вследствие оттепелей, которые наблюдались в этом году. Значения плотности снежного покрова в большинстве случаев находились на уровне 0,19–0,22 г/см³.

Содержание взвешенных частиц в точках отбора в 2021–2022 гг. варьируется от 1,85 до 3,95 мг/л, в среднем составляя 2,97 мг/л. Это значение чуть выше фонового для снежного покрова Арктики (2,19 мг/л) [7]. В 2023 г. среднее содержание взвешенного вещества было значительно ниже и составило 0,42 мг/л.

Уровень рН снежного покрова рассматриваемой территории в 2021 г. характеризует снежный покров как нейтральный и соответствует фоновому значению 5–6 [8]. В 2022 г. наблюдается снижение уровня рН снежного покрова прибрежных территорий Онежского залива с 5,38 до 4,53 в районе пос. Кянда, с 6,06 до 5,81 в районе Каменного ручья, с 5,78 до 4,46 в районе пос. Ворзогоры (рис. 2). В результате в 2022 г. снежный покров в районе исследования характеризуется как слабокислый. В 2023 г. в районе поселков Кянда и Ворзогоры значения рН соответствовали нейтральному уровню среды, в то время как в точке «Каменный ручей» продолжилась тенденция увеличения кислотности снега до значений 5,03.

Как правило, изменение значений кислотности связано с комплексным изменением содержания нитрата азота (NO_3^-), нитрита азота (NO_2^-), фосфатов (PO_4^{3-}) и ионного состава (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^-) [9]. Увеличение кислотности снежного покрова побережья Онежского залива происходит в основном за счет увеличения содержания нитратной формы азота (коэффициент корреляции 0,71) и фосфора (коэффициент корреляции – 0,88).

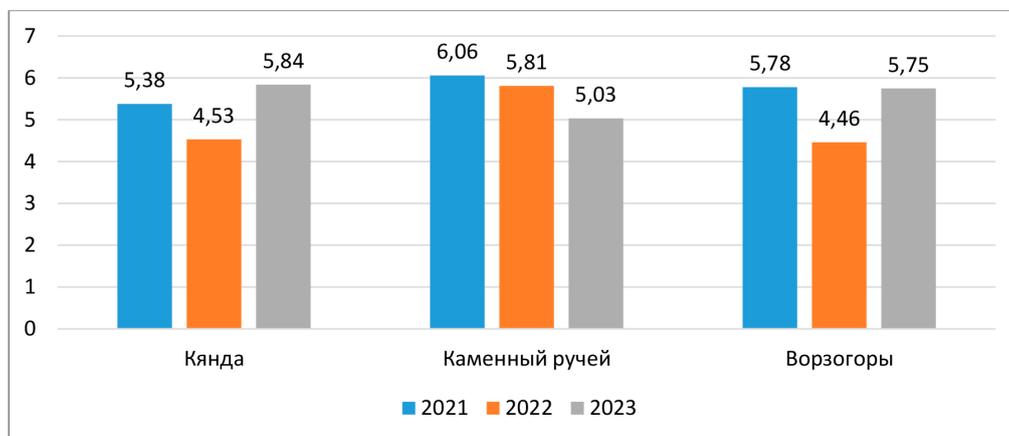


Рис. 2. Уровень рН снежного покрова в 2021–2023 гг.

Значимой характеристикой снежного покрова помимо уровня рН является минерализация, представляющая собой сумму концентраций содержащихся в воде растворенных веществ. В точках отбора проб вблизи населенных пунктов Онежского залива Ворзогоры и Кянда значение минерализации равняется в среднем за 2021–2023 гг. 8,1 и 9,8 мг/л соответственно. В юго-восточной части Онежского залива (точка отбора проб «Каменный ручей») в 2021 и 2023 гг. минерализация снежного покрова составляла 8–12 мг/л. В 2022 г. наблюдалось значительное увеличение минерализации снега до уровня 680 мг/л. Повышенная минерализация снежного покрова в юго-восточной части Онежского залива в 2022 г. связана с повышенной концентрацией хлорид-иона (335 мг/л) и ионов натрия (166 мг/л). Помимо преобладающих ионов в пробе выявлены повышенные значения сульфат-ионов, ионов кальция, магния. В целом данная проба снежного покрова относится в хлоридно-натриевому классу. Предположительно высокое содержание в снеге морских ионов связано с просачиванием морской воды через трещины и полыньи во льду, а также поступлением морской воды в период сизигийных приливов, что привело к насыщению снежного покрова морскими ионами.

Ионный состав проб за 2021–2023 гг. на побережье Онежского залива Белого моря характеризуется динамичным и изменчивым составом. Коэффициенты вариации из-

меняются от 27,3% для кальция и до 71,2% для хлорида. В отобранных пробах преобладающим ионом в 55% случаях является хлорид-ион. Данный факт связан с тем, что все три точки отбора проб находятся на прибрежной территории акватории Белого моря [2]. Преобладание сульфат-иона в составе снега отмечено в районе пос. Кянда, который несколько удален от береговой черты.

Ионы кальция преобладают над ионами натрия и магния в 2021 и 2023 гг. в районе пос. Кянда в 2021 г. и в 2023 г. в районе пос. Ворзогоры.

Содержание хлорид-ионов (0,15–1,43 мг/л), сульфат-ионов (0,26–0,83 мг/л), ионов натрия (0,17–0,82 мг/л), кальция (0,32–0,69 мг/л) и магния (0,07–0,15 мг/л) соответствует фоновым значениям, зафиксированным ранее на прибрежных территориях Белого моря [2]. Средние концентрации ионов за 2021–2023 гг. показаны на рис. 3.

Расчет коэффициента корреляции показал, что значимая связь наблюдается между хлорид-ионами и ионами натрия, магния. Данная взаимосвязь связана с влиянием морских аэрозолей на прибрежных территориях.

Содержание соединений азота (нитритный, нитратный, общий азот) за 2021–2023 гг. имеет тенденцию к уменьшению. Содержание общего азота в снеге в среднем по территории сократилось с 1320,6 мкгN/л, до 662,4 мкгN/л, азота нитритного – с 1,29 мкгN/л до 0,05 мкгN/л, азота нитратного – с 243,43 мкгN/л до 157,59 мкгN/л.

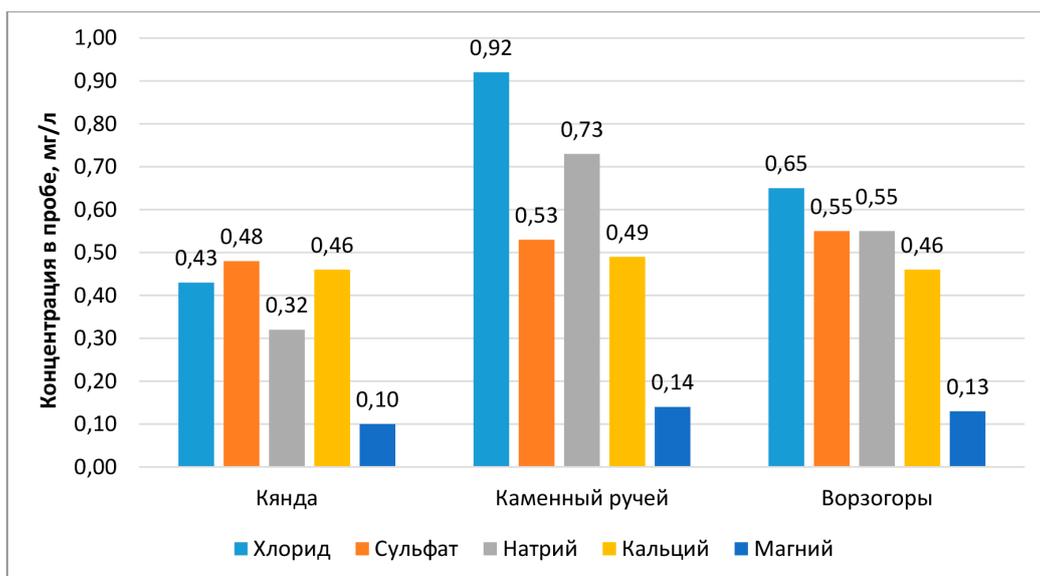


Рис. 3. Средние концентрации ионов в пробах (мг/л) 2021–2023 гг.

Полученные значения согласуются с данными, приведенными в работе [5], где концентрация общего азота в снеге водосбора Онежского залива Белого моря в 2020 г. имело наибольшее значение (867 мкг/л) на фоне других рассмотренных точек водосборного бассейна Белого моря.

Содержание соединений фосфора имеет тенденцию к увеличению за рассмотренный промежуток времени. Среднее содержание общего фосфора увеличилось с 8,1 до 13,69 мкгР/л, фосфатов с 4,9 до 5,5 мкгР/л.

Заключение

Ионный состав снежного покрова прибрежных территорий Онежского залива Белого моря является в значимой степени динамичным. Содержание нерастворимых частиц в снежном покрове прибрежной территории Онежского залива Белого моря в 2021–2022 гг. незначительно превышало фоновое значение. В 2023 г. отмечено значительное снижение содержания взвешенных частиц в снеге.

В юго-восточной части Онежского залива наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня рН снежного покрова.

В отдельные годы в непосредственной близости от береговой черты отмечается значительное увеличение минерализации снега вследствие насыщения снежного покрова морскими водами. В более половины случаев лидирующим ионом по содержанию является хлорид-ион. Выявлена значительная корреляция между концентрациями хлорид-ионов, ионов натрия и магния в снеге, что связано с влиянием морских аэрозолей на состав снежного покрова.

Наблюдается тенденция снижения содержания в снежном покрове соединений азота при увеличении содержания соединений фосфора.

Список литературы

1. Кутлимуродов У.М. Загрязнение атмосферы вредными веществами и мероприятия по его сокращению // Экология: вчера, сегодня, завтра. 2019. С. 249–252.
2. Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П. Особенности формирования ионного состава снежного покрова в прибрежной зоне западного сектора арктических морей России // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7843> (дата обращения: 01.07.2023).
3. Василевич М.И., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М. Накопление растворимых и малорастворимых форм металлов в снежном покрове таежной зоны Европейского северо-востока России // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2015. № 2. С. 111–118.
4. Котова Е.И., Шевченко В.П. Влияние дальнего атмосферного переноса на формирование ионного состава атмосферных осадков и снежного покрова прибрежной зоны западного сектора Российской Арктики // Фундаментальные исследования. 2014. № 12–11. С. 2378–2382.
5. Шевченко В.П., Белоруков С.К., Булохов А.В., Коробов В.Б., Лохов А.С., Стародымова Д.П., Чульцова А.Л., Яковлев А.Е. Геохимические особенности снежного покрова водосборов Онежского, Двинского и Мезенского заливов Белого моря в феврале-марте 2020 г. // География: развитие науки и образования: Сборник статей по материалам ежегодной международной научно-практической конференции LXXIV Герценовские чтения (Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2021 г.). С. 196–200.
6. Сапожников В.В., Агатова А.И., Аржанова Н.В., Мордасова Н.В., Лапина Н.М., Зубаревич В.Л., Лукьянова О.Н., Торгунова Н.И. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО, 2003, 202 с.
7. Шевченко В.П., Лисицын А.П., Штайн Р., Горюнова Н.В., Кловиткин А.А., Кравчишина М.Д., Кривс М., Новигаторский А.Н., Соколов В.Т., Филиппов А.С., Хаас Х. Распределение и состав нерастворимых частиц в снеге Арктики // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. № 75. С. 106–118.
8. Ветров В.А., Кузовкин В.В., Манзон Д.А. Кислотность атмосферных осадков и выпадение серы и азота на территории Российской Федерации по данным мониторинга химического состава снежного покрова // Метеорология и гидрология. 2015. № 10. С. 44–53.
9. Свистов П.Ф., Талаш А.С., Семенец Е.С. О пространственно-временных изменениях кислотности атмосферных осадков // Климат и природа. 2016. № 2 (19). С. 14–26.

УДК 502:528.8

DOI 10.17513/use.38066

ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРНО-КОЛЫВАНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА АЛТАЙСКОГО КРАЯ ПОЛИГРАФОМ УССУРИЙСКИМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Долгачева Л.Е., Ротанова И.Н.

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Барнаул, e-mail: popova_work@bk.ru

В статье рассмотрены вопросы применения данных дистанционного зондирования Земли с целью мониторинга распространения вредителей и болезней леса. Актуальность исследования обусловлена масштабно-ностью распространения лесов с неудовлетворительным экологическим состоянием вследствие воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, в частности распространения повреждений древесных насаждений насекомыми-вредителями. Внедрение лесоохранных технологий, основанных на применении дистанционных методов, в их числе многозональной космической съемки, является перспективным в условиях цифровизации лесоэкологического мониторинга. Цель исследования – выявление лесных территорий, на которых происходит распространение полиграфа уссурийского. Для достижения цели применялась автоматизированная обработка данных космической съемки, полученной с использованием спутниковой системы Sentinel-2 и Канопус-В. Результатом проведенных исследований стали данные, полученные в рамках дистанционного мониторинга состояния лесного фонда Горно-Колыванского лесничества Алтайского края. На данной территории обнаружено большое количество очагов повреждений лесных насаждений, вызванных жуком-короедом. Научная новизна состоит в развитии методов и способов обработки многозональных космических снимков, в частности в применении метода объектно-ориентированной классификации по спектральным признакам для выявления поражения древесной растительности насекомыми-вредителями, а также в оценке площадей распространения полиграфа уссурийского в Горно-Колыванском лесничестве Алтайского края. В статье приводится описание методики дешифрирования космоснимков Sentinel-2 и Канопус-В с применением автоматизированных методов. Методика включает как автоматизированный, так и визуальный подходы к дешифрированию. Был применен метод объектно-ориентированной классификации с обучаемым классификатором. Получены результаты по повреждению жуком-короедом полиграфом уссурийским лесных насаждений в Горно-Колыванском лесничестве Алтайского края. Очаги насекомого-вредителя выявлены на площади около 5 000 га.

Ключевые слова: лесопатология, жук-короед, цифровизация, автоматизированное дешифрирование, мониторинг лесных вредителей

Исследование выполнено в рамках гранта РФФ № 22-27-20135.

ASSESSMENT OF DAMAGE TO FOREST PLANTATIONS OF THE GORNO-KOLYVAN FORESTRY OF THE ALTAI TERRITORY BY THE POLYGRAPHUS PROXIMUS BLANDFORD USING REMOTE SENSING DATA

Dolgacheva L.E., Rotanova I.N.

Altai State University, Barnaul, e-mail: popova_work@bk.ru

The article deals with the application of remote sensing data of the Earth in order to monitor the spread of pests and diseases of the forest. The relevance of the study is due to the scale of the spread of forests with unsatisfactory ecological condition due to the impact of adverse environmental factors, in particular, the spread of damage to tree plantations by insect pests. The introduction of forest protection technologies based on the use of remote methods, including multi-zone satellite imagery, is promising in the conditions of computerization of forest environmental monitoring. The purpose of the study is to identify forest areas where the Ussuri polygraph (*Polygraphus proximus*), is distributed. To achieve this goal, automated processing of space survey data obtained using the Sentinel-2 and Kanopus-B satellite systems was used. The results of the research were the data obtained within the framework of remote monitoring of the state of the forest fund of the Gorno-Kolyvan forestry of the Altai Territory. A large number of foci of damage to forest plantations caused by the action of the bark beetle were found in this territory. The scientific novelty consists in the development of methods and methods for processing multi-zone satellite images, in particular, in the application of the method of object-oriented classification by spectral characteristics to detect damage to woody vegetation by insect pests, as well as in the assessment of the distribution areas of the Ussuri polygraph in the Gorno-Kolyvan forestry of the Altai Territory. The article describes the methods of decoding Sentinel-2 and Kanopus-B satellite images using automated methods. The technique includes both automated and visual approaches to decryption. The method of object-oriented classification with a trainable classifier was applied. The method of object-oriented classification with a trainable classifier was applied. The results were obtained on damage by the bark beetle Ussuri polygraph to forest plantations in the Gorno-Kolyvan forestry of the Altai Territory. Focus of the insect pest have been identified on an area of about 5,000 hectares.

Keywords: forest pathology, bark beetle, digitalization, automated decryption, forest pest monitoring

The study was carried out within the framework of the Russian Science Foundation grant No. 22-27-20135.

В современном мире одной из актуальных задач устойчивого развития лесного хозяйства является переход к многоцелевому лесопользованию, при котором будет обеспечиваться охрана, защита и воспроизводство лесов. К снижению продуктивности лесных экосистем приводит целый ряд экологически неблагоприятных факторов, среди которых: лесные пожары, насекомые-вредители, подъем уровня грунтовых вод, климатические аномалии, антропогенное вмешательство и т.д. Влияние этих факторов на лесные экосистемы с каждым годом становится все более масштабным и катастрофичным. Как следствие, появляется острая необходимость более детального подхода к изучению состояния таких экосистем, а также процессов, приводящих к их изменению [1]. Чтобы отследить динамику изменений лесных экосистем, организуются мероприятия по лесопатологическому мониторингу с целью получения оперативной информации о санитарном состоянии лесных насаждений. Получить такую информацию помогают современные методы исследований, среди которых дистанционное зондирование Земли.

Обязательной частью лесопатологического мониторинга являются наблюдения за распространением вредителей и болезней лесных насаждений. Однако вследствие труднодоступности многих лесных территорий не всегда возможно проводить мониторинг путем непосредственных выездов на местность. В таких случаях на помощь приходят дистанционные методы, в частности космическая съемка.

Распространение насекомых-вредителей может привести к значительному ущербу для лесных насаждений, поэтому важным становится получение оперативной информации об их санитарном состоянии. Дистанционное зондирование Земли позволяет получать необходимую информацию о состоянии лесов на больших территориях, что способствует выявлению очагов распространения насекомых-вредителей и принятию оперативных управленческих решений по контролю распространения очага. Современная космическая съемка имеет высокое пространственное разрешение, что позволяет получать оперативную и достоверную информацию о санитарном состоянии лесных насаждений [2].

Вспышки насекомых-вредителей на территории Алтайского региона (Алтайский край и Республика Алтай) фиксировались в разные временные периоды. Среди наи-

более сильных выделяются вспышки полиграфа уссурийского (*Polygraphus proximus*, 1894), коконопряда сибирского (*Dendrolimus superans*, 1877), пилильщика-ткача звездчатого (*Lyda nemoralis*, 1871), шелкопряда непарного (*Lymantria dispar*, 1758). Для территории Алтайского края особую опасность вызывает распространение полиграфа уссурийского, который ежегодно фиксируется на лесных территориях. Это обосновывает необходимость своевременного выявления очагов вредителей, а также организацию мониторинга их распространения.

В настоящее время мониторинг за санитарным состоянием лесных насаждений основывается на анализе состояния растительности без учета возможных последствий изменения через определенный период времени, тем самым не позволяя дать объективный прогноз санитарного состояния на будущее. На решение этой проблемы направлены данные дистанционного зондирования, в частности автоматизированные методы [3].

Цель исследования заключается в выявлении и оценке лесных ценозов, которые являются очагами обитания и распространения жука-короеда полиграфа уссурийского, с применением автоматизированной обработки данных космической съемки и объектно-ориентированного метода классификации.

Материалы и методы исследования

Полиграф уссурийский (*Polygraphus proximus*, 1894) относится к отряду жесткокрылые или жуки (*Coleoptera*), семейство короеды (*Ipididae*). Он имеет широкое распространение и чаще всего повреждает пихтовые насаждения. Обитает в толстой и переходной коре, но иногда встречается и на толстых ветвях. По стволу пораженного дерева располагаются многочисленные отверстия, что приводит к усыханию кроны. Весной с одного дерева вылетает порядка сорока тысяч особей, которые продолжают размножаться и повреждать соседние здоровые деревья. Полиграф уссурийский выводит два поколения в течение вегетационного периода. Молодые жуки и куколки встречаются в июне – первой половине июля, затем во второй половине августа – конце сентября. Вредители предпочитают деревья, после недавнего ветровала и бурелома, а также стоячие деревья с признаками усыхания. На территории Алтайского края полиграф уссурийский встречается на пихте сибирской [3].

Дешифрирование проводилось по многозональным космическим снимкам спутниковой системы Sentinel-2, имеющим среднее пространственное разрешение 15 м в пикселе. В первичную обработку снимков входила конвертация яркостных характеристик в показатели излучения на сенсоре и атмосферная коррекция. В качестве верификационных данных применялись снимки сверхвысокого разрешения российской спутниковой системы Канопус-В, а также материалы наземных наблюдений. Работы проводились в программной среде QuantumGIS 3.10.

Методика исследования санитарного состояния лесных насаждений состояла из следующих этапов:

- получение космической съемки территории, поврежденной вредителем;
- первичная обработка снимков, выявление границ поврежденных лесных насаждений посредством визуального дешифрирования;
- проведение автоматизированного дешифрирования, создание сигнатур обучающей выборки для классификации космоснимка;
- перевод полученного растрового изображения в векторный слой, редактирование вектора относительно цели выявления очагов полиграфа уссурийского;
- сверка полученных участков с материалами лесоустройства, верификация результатов дешифрирования;
- редактирование табличных данных получившегося shp-файла, подсчет поврежденных площадей, подготовка файла к выгрузке в геоинформационную систему.

Для автоматизированного распознавания поврежденных насаждений был применен метод объектно-ориентированной классификации, т.е. отнесения поверхности к одному из заранее заданных классов с обучаемым классификатором [4]. Первый этап объектно-ориентированной классификации включал в себя кластеризацию точек изображения, относительно их спектральных особенностей, а также взаиморасположения. Далее полученные участки дешифрировались с помощью классификации с обучением.

Космический снимок был разделен на 11 классов, включающих порядка 30 полигонов обучающей выборки. Такое количество полигонов обучающей выборки является оптимальным для получения достоверных результатов.

Для выявления лесных насаждений с неудовлетворительным санитарным состоя-

нием было выделено 11 классов: 1) облака; 2) тени от облаков; 3) сельскохозяйственные поля (открытый грунт); 4) водные объекты; 5) техногенные объекты; 6) хвойный лес; 7) лиственный лес; 8) смешанный лес; 9) скальные выходы; 10) поврежденные породы; 11) иные, не покрытые лесом земли.

Полученное растровое изображение было подвергнуто постклассификационной обработке (уменьшение шумов изображения, сглаживание границ классов и т.п.), а затем векторизации. В результате векторизации классифицированного изображения получен векторный слой участков леса с неудовлетворительным санитарным состоянием.

Модельным участком послужила территория Горно-Колыванского лесничества Алтайского края, где площади повреждения полиграфом уссурийским подтверждаются данными наземной верификации уже на протяжении многих лет. Горно-Колыванское лесничество занимает площадь более 190000 га и расположено в юго-восточной части Алтайского края на территории Курьинского, Змеиногорского, Третьяковского, Краснощековского муниципальных районов [3].

Результаты исследования и их обсуждение

В Алтайском крае и Республике Алтай более всего жук-короед распространен в основном на пихте сибирской, однако встречается и на сосне, ели и кедре. На территории Алтайского края очаги полиграфа уссурийского вспыхивают ежегодно, и поэтому выявлять очаги и прогнозировать их распространение необходимо в оперативном порядке [5].

Было выполнено дешифрирование лесных массивов, произрастающих в Горно-Колыванском лесничестве Алтайского края. На снимках среднего и высокого пространственного разрешения каналов ближнего и среднего инфракрасных диапазонов отчетливо дешифрируются поврежденные лесные насаждения. Ближний инфракрасный канал достаточно информативен при оценке санитарного состояния лесных насаждений в летний период, поскольку коэффициент отражения кроны деревьев достаточно высок. В синтезе каналов SWIR-NIR-RED здоровая растительность отражена в оттенках зеленого [6]. В зависимости от породы оттенки зеленого изменяются от темных (хвойные насаждения) до светлых (лиственные насаждения) (рис. 1, а, б).

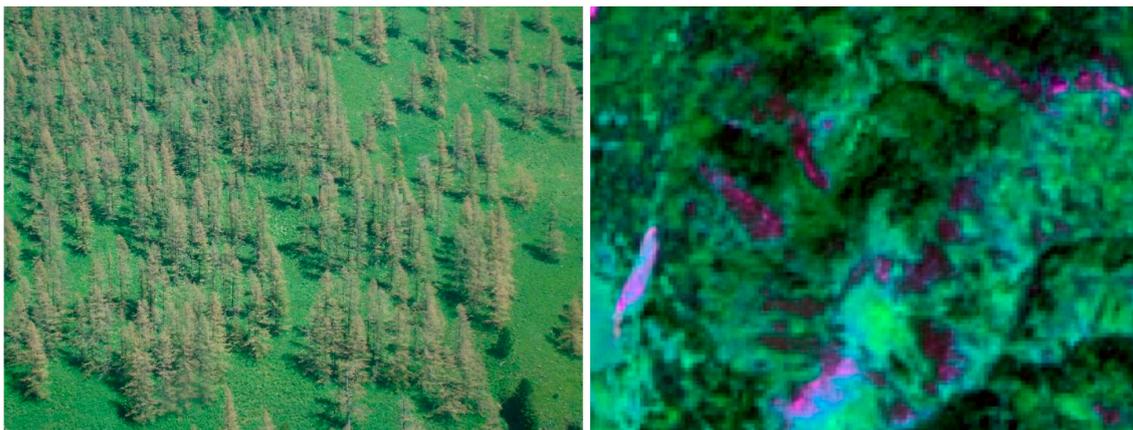


Рис. 1. а) побурение крон пихты лесных насаждений Горно-Колыванского лесничества (фото автора); б) космический снимок

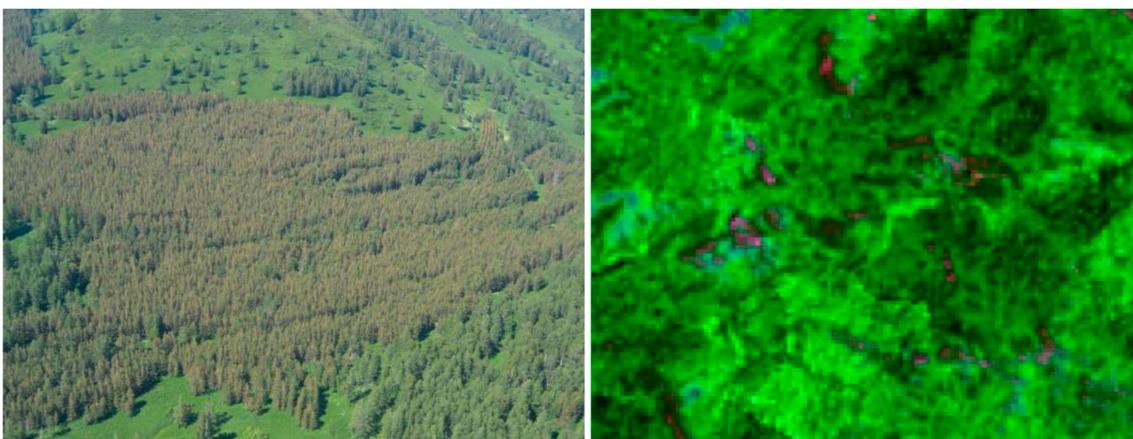


Рис. 2. а) усыхание ветвей в кронах (фото автора); б) усыхание сосны (космический снимок)

Основными повреждаемыми породами являются сосна и пихта. Сосновые насаждения имеют более высокую яркость в видимых частях спектра, а также в среднем инфракрасном диапазоне. Следует отметить, что у насаждений с неудовлетворительным санитарным состоянием отмечается увеличение яркости в среднем инфракрасном канале, однако в ближнем инфракрасном канале, наоборот, происходит снижение яркости. Таким образом, анализ изменения яркости в инфракрасном диапазоне позволяет определить степень повреждения лесных насаждений.

Кроме того, лесные насаждения с неудовлетворительным санитарным состоянием имеют мелкопятнистую структуру, отличающуюся сложностью рисунка. Группы погибших насаждений имеют мелкоконтурную мозаичную текстуру и отличаются высокой спектральной яркостью в среднем

инфракрасном диапазоне и видимой части спектра. Следовательно, наиболее информативной комбинацией каналов является синтез коротковолнового инфракрасного (SWIR), ближнего инфракрасного (NIR) и красного (RED) каналов. В такой комбинации поврежденные лесные насаждения имеют красноватый оттенок на общем зеленом фоне древесной растительности (рис. 2, а, б).

Для классификации с обучением был использован метод минимальной дистанции, суть которого заключается в отнесении пиксела к тому эталонному классу, евклидово расстояние до центра которого в пространстве признаков минимально. Для вычисления средних значений яркости, характеризующих каждый класс, была использована обучающая выборка. Для каждого пиксела были вычислены расстояния до центров (средних значений яркости) классов, затем присвоено название класса, расстояние

до которого минимально. Данный метод позволяет представить результаты классификации наилучшим образом, поскольку позволяет учитывать полигоны обучающей выборки, состоящие из небольшого количества пикселей. В синтезе каналов SWIR-NIR-RED насаждения с неудовлетворительным санитарным состоянием отражаются в оттенках красного (рис. 3).

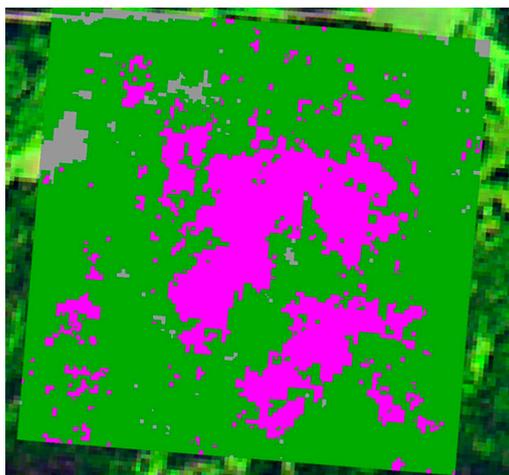


Рис. 3. Фрагмент классификации по методу минимальной дистанции (до уменьшения шумов на изображении)

Метод объектно-ориентированной классификации позволяет получить достоверные результаты, поскольку учитывает отдельные связи между объектами, анализ которых поможет в решении задач лесопатологического мониторинга за санитарным состоянием лесных насаждений (рис. 4).

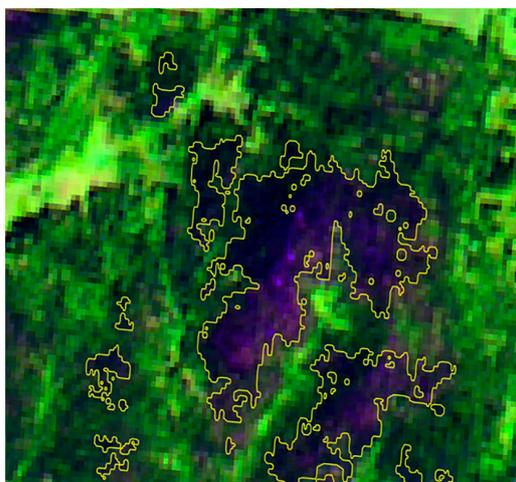


Рис. 4. Фрагмент участков с поврежденной растительностью, полученных в результате классификации (углы сглажены)

На территории Горно-Колыванского лесничества участки лесных насаждений с неудовлетворительным санитарным состоянием распространены по всей территории. Они характеризуются различной величиной и искаженной формой провалов в проекции полога древостоев. В совокупности автоматизированное дешифрирование и данные наземной верификации позволили выделить очаг полиграфа уссурийского на общей площади порядка 5 тыс. га.

Заключение

В Алтайском регионе ежегодно фиксируются большие площади усыхания лесных насаждений вследствие повреждения насекомыми-вредителями, среди которых значимое место занимает жук-короед полиграф уссурийский. Многие участки Горно-Колыванского лесничества Алтайского края являются труднодоступными для наземных наблюдений, поэтому применение дистанционных методов для таких территорий особенно актуально.

Мониторинг распространения лесных насаждений с неудовлетворительным санитарным состоянием является актуальной задачей лесопатологических исследований. Расширение спектра современных методов и технологий делает доступным оперативное отслеживание изменений состояния лесных насаждений посредством применения данных дистанционного зондирования Земли.

Для оперативного выявления очагов и прогнозирования их распространения в структуру мониторинга входит дистанционное зондирование на основе многозональной космической съемки. Для обработки полученных данных использованы автоматизированные методы дешифрирования. Технология включала как уже разработанные, относительно унифицированные и апробированные способы, так и целевые подходы, отражающие специфику обстановки. Для релевантности полученных данных привлекались аналитические и статистические данные по выявлению вредителей в пределах Горно-Колыванского лесничества.

Проведенное исследование может быть использовано для дальнейшего мониторинга лесопатологической ситуации на территории лесничества, так и применимо к другим территориям, подверженным влиянию насекомых-вредителей. Полученные результаты могут быть использованы для принятия управленческих решений и разработки мероприятий по борьбе с по-

вреждениями насекомыми – вредителями лесных насаждений.

Список литературы

1. Никитина Ю.В. Разработка и исследование технологии мониторинга динамики лесных экосистем по материалам дистанционного зондирования: дис ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2007. 193 с.
2. Долгачева Л.Е., Ротанова И.Н. Анализ повреждений лесов Алтайского края насекомыми-вредителями с применением данных ДЗЗ // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Производство и образование: сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 2021 г.). СПб.: Политехника, 2022. С. 309–316.
3. Долгачева Л.Е., Ротанова И.Н. Использование данных дистанционного зондирования для выявления затопленных участков ленточных боров // Acta Biologica Sibirica. 2019. Т. 5, № 4. С. 83–88.
4. Гурченков А.А., Мурынин А.Б., Трекин А.Н., Игнатьев В.Ю. Метод объектно-ориентированной классификации объектов подстилающей поверхности в задаче аэрокосмического мониторинга состояния импактных районов Арктики // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2017. № 3. С. 135–146.
5. Тараскин Е.Г. Роль и современное состояние уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* blend) в лесах Кемеровской области // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2013. № 6. С. 102–105.
6. Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учебное пособие. Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchukperminova-tematicheskoe-deshifrovanie-i-interpretaciya-kosmicheskikh-snimkov.pdf> (дата обращения: 12.07.2023).

УДК 913
DOI 10.17513/use.38067

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ СВЕДЕНИЯМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Затолокин А.С., Петров Ю.В.

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, e-mail: zatolokin2000@bk.ru

Тюменская область (без автономных округов) представляет территорию активного антропогенного воздействия со стороны промышленности, сельского хозяйства, населения. Источниками неблагоприятной экологической ситуации могут выступать трансграничное загрязнение от объектов соседних субъектов РФ и Республики Казахстан, а также воздействие от накопленных объектов негативного экологического воздействия. Для информационного обеспечения организации управления охраной окружающей среды функционирует соответствующая сеть экологического мониторинга, включающая в себя несколько уровней. Информация данных источников востребована потребителями, которые заинтересованы в получении легитимной, актуальной, полной, сопоставимой информации. Авторами проведена оценка организации информационного представления результатов государственного экологического мониторинга всеми участниками процесса в публичной сфере. Для сопоставительной оценки выполнен SWOT-анализ, по результатам которого даны предложения в части проведения превентивных мероприятий, направленных на оптимизацию взаимодействия сферы с ее институциональными потребителями. Наиболее сложная ситуация сложилась в части воплощения функционирования системы межведомственного электронного взаимодействия в реальный востребованный населением и организациями информационный продукт, а также в мобилизации пользовательских ресурсов, включая необходимость налаживания обратной связи. Регулирующие мероприятия возможно провести в контексте существующего нормативного правового поля и выделяемого финансирования, но при корректировке внутренних регламентов информационного взаимодействия поставщиками результатов экологического мониторинга в публичную сеть.

Ключевые слова: экологический мониторинг, информационное обеспечение, геoinформационное представление, Тюменская область, ESG-повестка

INFORMATION PROVISION OF THE POPULATION WITH INFORMATION ON THE RESULTS OF ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE TYUMEN REGION

Zatolokin A.S., Petrov Yu.V.

Tyumen State University, Tyumen, e-mail: zatolokin2000@bk.ru

The Tyumen Region (without autonomous districts) represents the territory of active anthropogenic impact from industry, agriculture, and the population. The source of an unfavorable environmental situation can also be transboundary pollution from objects of neighboring subjects of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan, as well as the impact of accumulated objects of negative environmental impact. For the information support of the environmental management organization, an appropriate environmental monitoring network is functioning, which includes several levels. Information from these sources is in demand by consumers who are interested in obtaining legitimate, relevant, complete, comparable information. The authors assessed the organization of the information presentation of the results of state environmental monitoring by all participants in the process in the public sphere. For a comparative assessment, a SWOT analysis was performed, based on the results of which proposals were made regarding preventive measures aimed at optimizing the interaction of the sphere with its institutional consumers. The most difficult situation has developed in terms of the implementation of the functioning of the system of interdepartmental electronic interaction into a real information product in demand by the population and organizations, as well as in the mobilization of user resources, including the need to establish feedback. Regulatory measures can be carried out in the context of the existing regulatory legal framework and the allocated funding, but with the adjustment of internal regulations for information interaction between suppliers of environmental monitoring results to the public network.

Keywords: environmental monitoring, information support, Tyumen region, geoinformation representation, ESG agenda

Актуальность работы заключается в том, что мировые тренды заставляют двигаться в сторону развития системы экологического мониторинга и создания баз данных для комплексного изучения территорий. Поэтому экологический мониторинг тюменских муниципалитетов необходим для проработки и решения проблем в сфере получения данных и применения их на практике для устранения экологических проблем. Также

исследования муниципалитетов требуются для составления актуального и точного прогноза воздействия производства на окружающую среду в целях выработки плана действий для снижения этого воздействия.

В сфере исследования экологического мониторинга Тюменской области отмечается значительный дефицит исследовательских работ по муниципалитетам, так как в основном исследования по монито-

рингу проводятся либо в городе Тюмени, либо на локальных территориях, которые не дают полноту картины состояния экологического мониторинга в данном муниципальном образовании.

Цель исследования – разработать рекомендации для организации сбалансированной системы геоэкологического мониторинга в Тюменской области (без автономных округов). Далее в рамках проводимого нами исследования под Тюменской областью понимается только территория Тюменской области без учета автономных округов.

Материал и методы исследования

Объектом исследования выступают муниципалитеты Тюменской области. Предмет исследования – организация экологического мониторинга. Используются общедоступные материалы организаций, предоставляющих информационное обеспечение результатов государственного экологического мониторинга в Тюменской области. Метод исследования: SWOT-анализ общедоступных источников информационного представления организациями результатов государственного экологического мониторинга.

Результаты исследования и их обсуждение

Системный подход к изучению природной среды, обеспечивающий решение проблемы взаимоотношения общества и природы на всех уровнях (от локального до глобального), возможен лишь на основе организации комплексного геоэкологического мониторинга (ГЭМ) состояния окружающей природной среды [1]. Основной принцип организации комплексного геоэкологического мониторинга – учет всех компонентов природной среды и взаимосвязей между ними. Ряд авторов к объектам ГЭМ относят природно-антропогенные (природно-технические) системы, в которые по мере усиления антропогенного воздействия трансформируются естественные ландшафты и экосистемы. Структура, состав и свойства подобных систем формируются при участии большого числа природных и антропогенных факторов. Такая система может рассматриваться как геосистема, один или несколько компонентов которой претерпели коренное изменение вследствие воздействия человека [2]. В качестве объектов рассматривают также геоэкологические системы – относительно обособленные в пространстве территориальные системы, в границах которых тесно взаимодействуют природные,

хозяйственные и социальные компоненты окружающей среды. В состав геоэкологических систем входят следующие подсистемы: природная среда, слабо нарушенная человеком; антропогенно-техногенная составляющая; население и социальная среда [1].

Реализация экологического мониторинга имеет свои региональные и даже локальные особенности, которые могут возникать как на уровне вычленения особенностей природно-территориальных комплексов на уровне организации территориально-производственных комплексов, так и на основе функционирования сложившихся территориальных общественных систем и территориальных общностей в них. В зависимости от данной специфики, при безусловном соблюдении единых общегосударственных требований к организации экологического мониторинга, информационное обеспечение должно быть скорректировано на возникающие региональные и муниципальные потребности в соответствующих данных. Единая государственная информационная система обеспечения данными экологического мониторинга организует представление соизмеримых региональных и межрегиональных параметров, а организации регионального и муниципального уровней должны сочетать эту информацию со своими территориальными приоритетами. Соотнесение сведений становится определяющим фактором для донесения результатов до потребителей, появления вторичных, третичных данных и для эффективной кастомизации.

Результаты нашего исследования апробированы для территории Тюменской области (без автономных округов), также в исследованиях используется топоним «Юг Тюменской области». Природной особенностью является фоновое превышение содержания железа в природных средах порогов, установленных общероссийскими ПДК для данного элемента. Соответственно, донесение данной информации до стейкхолдеров является определяющим шагом со стороны администраторов экологической информации. Производственной особенностью выступает нефтяная специализация, а значит, сопутствующие отраслевые загрязняющие элементы должны попасть в фокус информационного представления. Общественной особенностью является наличие традиционного природопользования ханты в Уватском районе, что целесообразно отражать в пространственном оконтуривании стойбищ КМНС относительно общих результатов регионального экологического мониторинга.

Таблица 1

Соотношение данных по экологическому мониторингу по федеральным ведомствам

Ведомство	Структура	Сильная сторона	Слабая сторона	Возможности	Угрозы
Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России) [4]	–	1. Интерактивная карта, на которой можно найти интересующий регион, и по ней получить в кратком виде информацию, например об исторических сведениях, объектах экоконтроля, ООПТ и ресурсы	1. На сайте не представлена информация подведомственных учреждений, где она заявлена, имеется лишь гиперссылка на переход на страницы подведомственных учреждений. 2. Нет отдельной вкладки по экологическому мониторингу. 3. Информация в докладах представлена в усредненном варианте за год	1. Возможность представлять пакеты данных в одном месте со всех ведомств, а не поиск по отдельности. 2. Внедрение на сайте экологического рейтинга регионов	1. Уменьшение значимости сайта в связи с созданием частного сайта, где будут собраны данные со всех ведомств в удобном формате
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) [5]	Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) [5]	1. Имеет большой перечень информационных ресурсов и продукции, например Прогноз опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений по территории России, МетеоАларм – Карта опасностей по территории Европы и т.д.	1. На многих продуктах и ресурсах не представлены дата и время последних изменений в данных. 2. В материалах, предоставляемых ведомством, указаны усредненные данные без возможности просмотра информации по дню или неделе	1. Уменьшить объем платных услуг и выставить в открытый доступ информацию	1. Замена частными интернет-ресурсами за счет предоставления данных в открытый доступ, который у Росгидромета платный
Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) [6]	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) [6]	1. Предоставление статистических данных по охране атмосферного воздуха, рекультивации земель и размещению отходов	1. Набор данных предоставляется по информации предприятий, при этом не указывается их название. 2. Данные представляются в основном за последние 3–5 лет	1. Раскрыть информацию по предприятиям: кто как занимается мониторингом, либо хотя бы отмечать в отчетах названия предприятий	1. Информация может быть перенесена на другие ресурсы в виде геопорталов или местных департаментов
Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз) [7]	Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз) [7]	1. Данные по вырубкам, лесовосстановления и пожарам в открытом доступе. 2. Представлена карта по субъектам	1. Информация представлена за последние годы	1. Возможность создать портал с отображением всей информации по лесному хозяйству в одном месте	1. Коммерческие сайты, представляющие информацию по лесу в бесплатном виде с архивом за многие годы
Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) [8]	Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) [8]	1. Большой объем интерактивных карт. 2. Представлена основная информация по недрам за годы	1. Нет информации, когда обновлены интерактивные карты. 2. Нет информации в открытом доступе по дням или месяцам. 3. Информация расположена на сайте подразделении	1. Возможность в режиме реального времени показывать ситуацию и прогнозы по недрам	1. Угроза вытеснения ресурса за счет открытых данных частных коммерческих исследовательских институтов (например, крупных корпораций по добыче полезных ресурсов)

Окончание табл. 1

Ведомство	Структура	Сильная сторона	Слабая сторона	Возможности	Угрозы
Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору [9]	–	–	Отсутствует бесплатная информация	–	1. Отказ от ведомственной информации в пользу частных исследовательских данных
Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) [10]	–	1. Доступность	1. Наложение информации. 2. Нет интеграции с местными геопорталами. 3. Нет информации о дате обновления	–	Замена ресурса за счет геопортальных решений, которые будут выполнять функции Росреестра
Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [11]	–	1. Большой набор статистики по годам, есть возможность выбрать определенный район. 2. Приведены данные по основным компонентам охраны окружающей среды	1. Отсутствие данных по определенным годам. 2. Приведены усредненные данные за год. 3. Данные могут не совпадать с информацией других ведомств	1. Закольцевать базу данных по окружающей среде на одном ресурсе. 2. Предоставлять информацию по дням и месяцам	1. Полное прекращение существования службы в случае, если другие ведомства будут предоставлять свою информацию у себя в открытом виде со статистикой

Таблица 2

Соотношение данных по экологическому мониторингу по региональным ведомствам

Ведомство	Сильная сторона	Слабая сторона	Возможности	Угрозы
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Объ-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [12]	1. Наличие справок о состоянии загрязнения окружающей среды (месяц/год). 2. Состояние загрязнения атмосферного воздуха (обновляется ежедневно)	1. Отсутствует интерактивная карта. 2. Данные по загрязнениям усреднены. 3. Малый объем предоставляемой бесплатной информации. 4. Нет передачи информации в режиме реального времени	1. Надежный государственный поставщик данных экологического мониторинга. 2. Многолетний архив данных. 3. Точные и проверенные методы измерений	1. Утрата информации в связи с деформацией носителя (диски, бумага, дискеты, перфокарты и т.д.). 2. Замена Росгидромет коммерческими и зарубежными структурами
Департамент недропользования и экологии Тюменской области [13]	1. Ежегодный доклад об экологической ситуации в Тюменской области	1. Отсутствие информации по месяцам и дням. 2. Нет интерактивных карт с информацией	1. Стать крупным поставщиком данных по экологическому мониторингу региона	1. Предоставление информации о состоянии окружающей среды коммерческими организациями
Департамент лесного комплекса Тюменской области [14]	1. Общая информация о лесах и о проектах освоения. 2. Оперативная информация по лесному пожару за последний год	1. Нет интерактивных карт. 2. Скучное количество информации. 3. Сайт максимально не информативен	1. Стать крупным поставщиком данных по ситуации с лесами	1. Предоставление информации о состоянии леса за счет коммерческих организаций, а именно предоставления набора статистических данных за годы наблюдений

В рамках исследования информационного состояния данных по экологическому мониторингу в Тюменской области решено провести SWOT-анализ данных, предоставляемых государственными ведомствами в открытом доступе. Данный подход дает возможность определить, насколько слаженно работают ведомства и какую информацию они готовы открыть, а также определить возможные угрозы для ведомств в связи с развитием частных сетей экологического мониторинга с предоставлением своей информации. SWOT-анализ разделен на 2 группы (табл. 1, 2) по уровням власти, а именно: федеральной, региональной [3].

Самое скудное количество информации представлено у ведомств регионального уровня, так как весь объем информации с регионального уровня уходит в федеральный уровень, где, собственно, уже выставлена общая статистика по региону, при этом местные жители не имеют информации по конкретным районам. Наряду с этим есть информация с ежегодных докладов, но она не совпадает с информацией ведомств, у каждого она может быть своя. По уровню муниципальных образований информация по экологическому состоянию и вовсе отсутствует, что показывает слабое развитие предоставления экологической информации в открытом доступе, а также малый спрос местных жителей на предоставление этой информации [15–17].

Выводы

По итогам исследования сформированы следующие выводы:

1) выявлены нехватка научно-практической информации по экологическому мониторингу в муниципалитетах Тюменской области, а также недостаток исходной информации для перехода к ESG-повестке и для составления экологического рэнкинга экорисков в докладах о состоянии окружающей среды;

2) зафиксировано отсутствие востребованных обществом и предпринимательским сообществом открытых данных по экологическому мониторингу в Тюменской области. Отчетность, которую представляют органы власти, не содержит конкретики, что не позволяет гражданам и предпринимательскому сообществу провести собственную оценку анализа экориска на интересующей их территории. При этом следует отметить, что в отечественной практике имеются успешные примеры региональной реализации информационных ресурсов в области экологического мониторинга;

3) взаимодействие государственных ведомств по данным об охране окружающей среды не развито, что приводит к бессистем-

ности в обработке данных, что, в свою очередь, снижает ценность данных и качество принимаемого управленческого решения. Так как региональные ведомства и федеральные ведомства не имеют общей базы данных, то временные и финансовые затраты на сбор сведений по определенному муниципалитету Тюменской области велики, что приводит, в конечном случае, и к снижению инвестиционной привлекательности как отдельных территорий, так и региона в целом.

Список литературы

1. Емельянов А.Г. Геоэкологический мониторинг. Тьерь: ТГУ, 2002. 121 с.
2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: Наука, 2005. 319 с.
3. Синдирева А.В., Петров Ю.В. Эколого-правовые основы и геоэкологические принципы организации природопользования. Омск: Издательский центр КАН, 2021. 116 с.
4. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mnr.gov.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
5. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
6. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) [Электронный ресурс]. URL: <https://rpn.gov.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
7. Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз) [Электронный ресурс]. URL: <http://rosleshoz.gov.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
8. Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosnedra.gov.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
9. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) [Электронный ресурс]. URL: <http://gosnadzor.gov.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
10. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
11. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
12. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mro.omsk-meteo.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
13. Департамент недропользования и экологии Тюменской области [Электронный ресурс]. URL: <https://dnec.admtuyumen.ru/> (дата обращения: 03.05.2023).
14. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2012 году [Электронный ресурс]. URL: https://admtuyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11063983@cmsArticle (дата обращения: 21.06.2023).
15. Малогин Д.В., Петров Ю.В. Результаты многолетнего экомониторинга подземных вод на территории Тюменской агломерации // Географическая среда и живые системы. 2021. № 2. С. 15-29.
16. Якуцени С.П. ESG-политика России в условиях социально-общественных трансформаций // Географическая среда и живые системы. 2023. № 1. С. 128–144. DOI: 10.18384/2712-7621-2023-1-128-144.
17. Саушева О.С. Отраслевые особенности перспектив развития экологического инвестирования и внедрения экологически чистых технологий в регионе // Отходы и ресурсы. 2022. Т. 9, № 4. DOI 10.15862/13ECOR422.

СОЦИАЛЬНЫЙ ТУРИЗМ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

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

Значительную роль в поддержании развития социального туризма играет государство, обеспечивающее формирование национального бюджета, создающее нормативно-правовую основу с целью поддержки социальной отрасли общественных отношений. В структуру контингента, подпадающего под социальную защиту, на который направлена деятельность социального туризма, входят дети из многодетных семей, малоимущие слои населения, пенсионеры всех категорий, инвалиды всех возрастных групп. Для осуществления эффективной деятельности доступной среды, в которой возможна реализация социального туризма, требуется формирование социальной политики государства, которая будет затрагивать также сферу туризма и индустрию гостеприимства в целом. Функционирование подобной социальной политики должно строиться на крепкой законодательной базе и постоянно совершенствующейся системе нормативно-правовых документов, которые охватывают все сферы экономических и правовых отношений реализации социальной политики. В современных условиях социально-экономической повестки разработке и совершенствованию законодательства в отрасли социального туризма должна быть отведена особая роль. Целями исследования являются анализ современного состояния и определение перспектив развития социального туризма в России. Большое значение в развитии социального туризма на уровне субъектов наряду с природно-климатическими ресурсами и состоянием инфраструктуры туризма имеют социальная политика, осуществляемая в каждом отдельном субъекте, степень изношенности фонда объектов социального назначения, уровень развитости системы реализации социальных программ, уровень и качество жизни населения страны и др. В статье представлены результаты статистического и экспертного анализа современного состояния социального туризма в Российской Федерации, анализируются основные проблемы и перспективы развития указанного вида туризма. Решение проблем, возникающих в сфере социального туризма в настоящее время, требует разработки специализированного законодательства. В первую очередь следует принять закон о социальном туризме, на основании которого данная сфера индустрии туризма получит свое развитие.

Ключевые слова: туризм, социальный туризм, доступность, социальная политика, специализированные средства размещения, социальная поддержка, санаторно-курортное лечение, Краснодарский край

SOCIAL TOURISM IN THE RUSSIAN FEDERATION

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

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

A significant role in supporting the development of social tourism is played by the state, which ensures the formation of the national budget, creates a regulatory framework in order to support the social sector of public relations. The structure of the contingent that falls under social protection, to which social tourism is directed, includes children from large families, the poor, pensioners of all categories, people with disabilities of all age groups. For the effective operation of an accessible environment in which the implementation of social tourism is possible, the formation of a social policy of the state is required, which will also affect the tourism sector and the hospitality industry as a whole. The functioning of such a social policy should be based on a strong legislative base and a constantly improving system of legal documents that cover all areas of economic and legal relations in the framework of the implementation of social policy. In the current conditions of the socio-economic agenda, the development and improvement of legislation in the social tourism industry should be given a special role. The aim of the study is to analyze the current state and determine the prospects for the development of social tourism in Russia. Of great importance in the development of social tourism at the level of subjects, along with natural and climatic resources and the state of tourism infrastructure, is the social policy implemented in each individual subject, the degree of depreciation of the fund of social facilities, the level of development of the system for implementing social programs, the level and quality of life of the population of the country and others. The article presents the results of statistical and expert analysis of the current state of social tourism in the Russian Federation, analyzes the main problems and prospects for the development of this type of tourism. Solving the problems that currently arise in the field of social tourism requires the development of specialized legislation. First of all, it is necessary to adopt a law on social tourism, thanks to which this area of the tourism industry will develop.

Keywords: tourism, social tourism, accessibility, social policy, specialized accommodation facilities, social support, spa treatment, Krasnodar Region

Развитие туристской индустрии имеет большое значение в решении общественных и социальных вопросов. В ряде государств посредством туризма формируются новые рабочие места, создаются новые рабочие зоны, разрабатывается и вводится в эксплуатацию новейшая и современная инфраструктура, поддерживается и улуч-

шается уровень качества жизни граждан. Потребность общества в отдыхе и путешествиях влияет на культурное просвещение населения, а также способствует совершенствованию систем медицинского обслуживания, развитию страхового дела, содействует внедрению новых интеллектуальных систем и т.д. На данный момент в Российской

Федерации стремительно формируется система социального страхования, участвующая в организации внутреннего туризма. Туристские путевки для незащищенных групп населения оплачиваются из средств государственного бюджета. Также государственные субсидии получают определенные госслужащие, для обслуживания нужд которых имеется в распоряжении собственная материально-техническая база. Осуществление разделения социального туризма выражается в установлении дотационных тарифов на воздушные и другие суда, предназначенные для перевозки молодежи, льготные тарифы также распространяются на объекты размещения туристов.

Главная отличительная черта социального туризма – путь финансирования. Для социального туризма такими путями субсидирования деятельности являются средства, выделенные из национального бюджета или средств субъектов Российской Федерации, а также средства работодателей и благотворительных фондов. Роль государства часто сведена к бюджетному финансированию отдельных направлений социального туризма и социальных услуг (молодежный туризм, детский оздоровительный туризм, включая отдых для школьников и инвалидов, детей с ограниченными возможностями здоровья и детей, находящихся в трудной жизненной ситуации; оплата отдельным категориям граждан социальных услуг санаторно-курортного лечения, а также проезда на междугородном транспорте к месту лечения и обратно), что является недостаточным [1].

Индустрия социального туризма в Российской Федерации считается обязательной составляющей туризма – государственной туристской сферы, правомочным соучастником социально-экономического формирования государства. Социальный туризм затрагивает круг интересов миллионов людей, подпадающих под программу социальной защиты населения, которые не обладают доступом к удобствам туризма. Таким образом, социальный туризм считается результативным орудием социальной защиты малоимущих граждан.

Социальный туризм полностью или частично осуществляется за счет бюджетных средств, средств государственных внебюджетных фондов (в том числе средств, выделяемых в рамках государственной социальной помощи), а также средств работодателей [2, 3].

Социальный туризм является одним из важнейших видов в системе туризму-

стрии, и нужен серьезный импульс для его развития и обращения к нему внимания со стороны государства и бизнеса [4]. В этой сфере приоритетным направлением, особенно ввиду современной геополитической обстановки, является лечебно-оздоровительный отдых. При этом социальный туризм уменьшает некоторые недостатки рыночной экономики туризма. Он позволит снизить «сезонную концентрацию» спроса на определенной территории, таким образом, воздействие высокого сезона будет выражено в меньшей степени, что предотвратит возникновение «овертуризма» [5].

В настоящее время все большую значимость обретают вопросы предоставления отдыха и укрепления здоровья граждан страны. В связи с этим в Российской Федерации в различных отраслях активировалась деятельность в области улучшения правового регулирования туристской сферы. В современных условиях социально-экономической повестки разработке и совершенствованию законодательства в отрасли социального туризма должна быть отведена особая роль.

Целями исследования являются анализ современного состояния и определение перспектив развития социального туризма в России.

Материал и методы исследования

Информационная база исследования – материалы аналитических центров, государственной статистики, законодательные акты, исследовательские отчеты. Методы исследования: анализ научно-методических источников, внутренней документации экономики РФ, обобщение теоретического материала, анализ статистических данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследователи выделяют виды социального туризма в соответствии с группами целевого потребления: малоимущие слои населения, дети из многодетных семей, учащаяся молодежь, пенсионеры всех категорий, инвалиды всех возрастных групп. В некоторых странах этот список пополняется государственными служащими, военными, священнослужителями, работниками предприятий повышенного риска, а также работниками с вредными или опасными условиями труда. Отличительной чертой социального туризма являются предоставление государственного субсидирования и (или)

иная форма поддержки населения страны на время туристских путешествий.

Социальный туризм представляет собой вид туризма, полностью или частично осуществляемый за счет бюджетных средств, средств государственных внебюджетных фондов (в том числе средств, выделяемых в рамках государственной социальной помощи), а также средств работодателей, при этом отдельным категориям российских туристов государство в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации, предоставляет льготы социального характера. Исходя из определения, можно понять, что с целью результативного формирования и развития этого типа туризма правительство не только задействует средства, выделяемые из государственного бюджета, но и привлекает частные предприятия для создания партнерских отношений. При этом следует помнить, что основной целью процесса является не столько развитие указанного вида туризма, сколько повышение доступности граждан к реализации своего права на отдых.

Развитие отрасли социального туризма содействует:

- уменьшению уровня напряженности, существующей в обществе;
- реализации права населения государства на отдых;
- созданию новых рабочих мест и т.д.

Значительную роль в поддержании развития социального туризма играет государство, обеспечивающее формирование национального бюджета, создающее нормативно-правовую основу с целью поддержки социальной отрасли общественных отношений. Реализация правительственной координации в сфере социального туризма ведется вместе с поддержкой развития социальной политики, на основании функционирования и деятельности которой формируются

мируются принципы, цели, правила и программы развития, которые устанавливают реальную степень доступности жителей к реализации своего права на отдых, в том числе на туристские путешествия, удовлетворение потребностей в просвещении, санаторно-курортное оздоровление организма в психологическом и физическом плане, а также оздоровление в границах определенной местности.

В структуру контингента, подпадающего под социальную защиту, на который направлена деятельность социального туризма, входят дети из многодетных семей, малоимущие слои населения, пенсионеры всех категорий, инвалиды всех возрастных групп. Общая численность в группах основных потребителей услуг социального туризма, имеющих право на получение мер социальной поддержки, за 2019–2021 гг. приведена по результатам анализа материалов Федеральной службы государственной статистики (Росстат) и подробно изложена в таблице 1.

Статистические данные свидетельствуют о том, что количество пенсионеров всех категорий в Российской Федерации уменьшилось на 1798 тыс. человек; инвалидов всех групп сократилось на 31,6 тыс. человек; количество детей в возрасте до 18 лет из отдельных категорий семей увеличилось на 3270 тыс. человек; количество населения с денежными доходами ниже границы бедности уменьшилось на 3700 тыс. человек.

При этом не каждый человек из представленных категорий получил возможность реализовать свое законное право на отдых. В таблице 2 приведены данные о численности лиц пожилого возраста, воспользовавшихся правом на получение набора социальных услуг в виде предоставления санаторно-курортного лечения в РФ, за 2018–2020 гг.

Таблица 1

Численность потребителей, имеющих право на получение мер социальной поддержки, за 2019–2021 гг.

Категория потребителей	Общая численность, тыс. человек		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Пенсионеры всех категорий	46480	46198	44682
Инвалиды всех групп	1194,7	1187,5	1163,1
Дети в возрасте до 18 лет из отдельных категорий семей, имеющих право на получение мер социальной поддержки за счет средств бюджета субъекта Российской Федерации	5132,5	7786,9	8402,5
Численность населения с денежными доходами ниже границы бедности	19800	17800	16100

Примечание: составлено авторами.

Таблица 2

Численность лиц пожилого возраста, воспользовавшихся правом на получение набора социальных услуг в виде предоставления санаторно-курортного лечения в Российской Федерации, за 2018–2020 гг.

Категории населения, отнесенные к компетенции Российской Федерации	Численность лиц пожилого возраста, человек		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Всего	250242	268445	173172
Из них:			
Инвалиды войны	3288	2244	1203
Участники Великой Отечественной войны	681	696	379
Ветераны боевых действий	2848	3512	2575
Военнослужащие, проходившие военную службу в воинских частях, военно-учебных заведениях, не входивших в состав действующей армии, с 22 июня 1941 года по 3 сентября 1945 года, военнослужащие, награжденные орденами и медалями СССР	22	33	6
Лица, награжденные знаком «Жителю блокадного Ленинграда»	918	1007	787

Примечание: составлено авторами.

Статистические данные демонстрируют тенденцию к снижению пользования социальными услугами в виде предоставления санаторно-курортного лечения в Российской Федерации. Это напрямую связано с уменьшением численности населения, подпадающего под категории социальной защиты. Также на представленную динамику косвенно повлияли показатели ситуации распространения коронавирусной инфекции (COVID-19) 2020 г., экономические факторы, повышение пенсионного возраста и т.д.

Другим не менее значимым фактором снижения уровня пользования услугами санаторно-курортного лечения является малая степень информированности населения. Многие пенсионеры не знают о том, что имеют право на отдых. Часть людей пенсионного возраста и пенсионных категорий предпочитают вместо путевок, реализуемых в целях санаторно-курортного лечения граждан, брать денежный эквивалент стоимости туристского путешествия. При этом среди старших поколений сохраняется недоверие к социальным программам государства.

Федеральной службой государственной статистики (Росстат) при помощи выборочного мониторинга качества и доступности услуг в сферах образования, здравоохранения и социального обслуживания, содействия занятости населения был проведен

анализ наличия и реализации права на получение бесплатного санаторно-курортного лечения среди инвалидов всех возрастных групп. Выборка проводилась среди жителей городских и сельских населенных пунктов. Однако не многие из тех, кто имеет возможность реализовать свое право на санаторно-курортное лечение, действительно отправляются по льготным путевкам. Это также связано с низким уровнем распространения информации. В городах инвалиды всех возрастных групп имеют большую возможность получить информацию, а в сельской местности этот процесс затруднен.

На основании анализа статистических данных о наличии и реализации права на получение бесплатного (или льготного) санаторно-курортного лечения в 2020–2021 гг. можно сделать вывод о том, что имели право на получение бесплатной путевки на санаторно-курортное лечение инвалиды всех возрастных групп, преимущественно проживающие в городских населенных пунктах. Большая часть инвалидов, проживающих в сельских населенных пунктах, не пользуются своим правом на получение бесплатной путевки на санаторно-курортное лечение. Такой разрыв в полученных данных свидетельствует о том, что проживающие на территории сельских населенных пунктов инвалиды не получали информацию о своих правах и возможностях в необходимом объеме.

Таблица 3

Санаторно-курортные организации для детей, функционирующие на территории федеральных округов Российской Федерации, за 2018–2021 гг.

Федеральный округ	Количество объектов			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2022 г.
Центральный	88	95	97	99
Северо-Западный	41	44	40	47
Южный	105	112	104	106
Северо-Кавказский	29	28	30	34
Приволжский	98	94	97	105
Уральский	37	40	42	40
Сибирский	46	48	52	52
Дальневосточный	26	29	29	34
Всего	470	490	491	517

Примечание: составлено авторами.

Также большую роль играет количество социальных организаций на одного жителя в сельских населенных пунктах. В сравнении с городскими населенными пунктами, где на одного жителя таких организаций приходится в разы больше, в сельских образованиях наблюдается дефицит учреждений социального характера.

Особое значение имеет организация лечения и отдыха детей. Предоставление услуг социального туризма для детей не имело бы смысла, если бы на территории страны не имелись санаторно-курортные организации, специализирующиеся в том числе и на отдыхе и оздоровлении детей. В таблице 3 отражены данные по федеральным округам Российской Федерации о наличии функционирующих предприятий санаторно-курортного лечения для детей в 2018–2021 гг.

С 2018 по 2021 г. общее число организаций санаторно-курортного лечения для детей возросло на 47 объектов. Большой прирост организаций отмечается в Центральном федеральном округе – общее число относительно 2018 г. возросло на 11 объектов. На втором месте – Дальневосточный федеральный округ – прирост относительно 2018 г. составил 8 объектов. На третьем месте – Приволжский федеральный округ с приростом в 7 объектов относительно 2018 г. Общая динамика в перечисленных регионах положительно возрастает в пределах статистики в связи с тем, что Центральный и Приволжский федеральные округа пользуются популярностью среди населения, а санаторно-курортная база Дальнево-

сточного федерального округа в последние годы получает все больше возможностей для роста за счет федеральных дотаций, направленных на развитие региона и поднятие уровня жизни населения. Наименьший прирост организаций санаторно-курортного лечения для детей отмечается в Южном федеральном округе и в Уральском федеральном округе. В ЮФО общий прирост относительно 2018 г. составил 1 объект, а в УФО – 3 объекта.

Проанализировав социальные, нормативно-правовые, общественно-экономические нюансы формирования сферы социального туризма, следует выделить ее значение на уровне субъектов Российской Федерации. Большое значение в развитии социального туризма на уровне субъектов наряду с природно-климатическими ресурсами и состоянием инфраструктуры туризма имеют социальная политика, осуществляемая в каждом отдельном субъекте, степень изношенности фонда объектов социального назначения, уровень развитости системы реализации социальных программ, уровень и качество жизни населения страны и др.

На сегодняшний день социальный туризм активно развивается в 30–40 субъектах страны [3]. Максимальное развитие и наибольшее количество положительных откликов получила деятельность социальных проектов в следующих субъектах:

- Краснодарском крае;
- Санкт-Петербурге;
- Алтайском крае;
- Красноярском крае;

- Ставропольском крае;
- Астраханской области [3].

Специалисты в области туризма и гостеприимства положительно отнеслись к идее развития социального туризма в рамках программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации». Однако в данный момент из-за недостаточной систематизированности в законодательной сфере социального туризма большинство субъектов Российской Федерации реализовывают собственные проекты по предоставлению лечебно-оздоровительных услуг и возможности реализации права граждан на отдых.

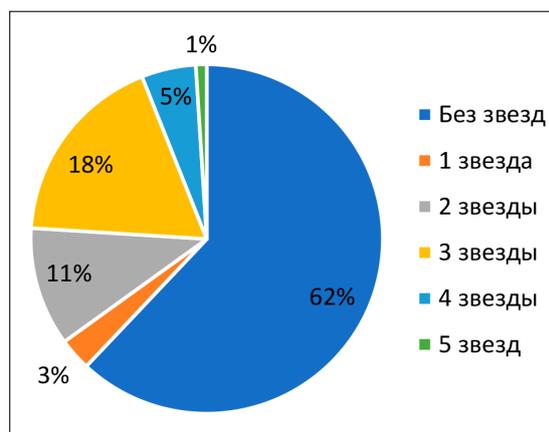
Краснодарский край традиционно является одним из лидеров в сфере туризма в целом и в сфере социального туризма в частности. Развитием социального туризма и поддержанием его эффективной деятельности в Краснодарском крае занимается Министерство курортов, туризма и олимпийского наследия. В Краснодарском крае туристские поездки пенсионеров всех категорий, инвалидов всех возрастных групп и детей до 18 лет были введены в социальную программу и реализуются с 2011 г. на постоянной основе. Каждый год, согласно статистическим данным, в социальных турах принимают участие от 1,5 до 2,5 тыс. человек из городских образований и муниципалитетов региона. Инициативными органами, организующими мероприятия и выступающими координаторами, являются центры общественно-социального сервиса жителей в муниципальных, а также областных городских образованиях. Их деятельность заключается в формировании социальных программ на уровне субъектов, заключении партнерских отношений с организациями, занимающимися формированием, реализацией и продвижением туристского продукта, информировании населения городских и сельских образований об их правах и возможностях.

Основная доля инфраструктуры в социальном туризме относится к числу специализированных средств размещения. Большая часть специализированных средств размещения находится на территории г. Анапа, где расположено 136 объектов. Также выделяются г. Сочи (120 объектов) и г. Геленджик (99 объектов). Наименьшее число специализированных средств размещения находится в г. Армавире – всего 2 объекта. Такое неравномерное распределение числа объектов объясняется природно-климатическими факторами, экономи-

ческой и социальной развитостью сферы туризма в пределах городского образования, степенью транспортной доступности. Немаловажным фактором является популярность городов-курортов Сочи, Анапа, Геленджик среди населения Российской Федерации.

Большую часть специализированных средств размещения в г. Анапе составляют предприятия детского отдыха, среди которых можно выделить санатории, базы отдыха, лагеря труда и отдыха. Город Анапа как на местном, так и на национальном уровне известен как город-курорт, благоприятствующий детскому летнему отдыху. Многие учебные и бюджетные учреждения отправляют детей в г. Анапу в сезон пляжного отдыха в лечебно-оздоровительных и культурно-познавательных целях.

Среди специализированных средств размещения также существует категоризация. На рисунке представлено распределение специализированных средств размещения по категориям в 2020 г. по числу организаций.



Распределение специализированных средств размещения по категориям в 2020 г. по числу организаций (составлено автором)

Основную долю по программам социального туризма в Краснодарском крае занимает ниша детского отдыха. За 2020 г. в Краснодарском крае отдохнули 23,5 тыс. детей, среди которых 4 тыс. детей, отдохнувших за лето в организациях отдыха детей и их оздоровления, прибыли из других субъектов Российской Федерации. В основной состав отдыхающих вошли дети из Тюменской области, Республики Коми, Москвы и Московской области, Ростовской области.

Таблица 4

Число организации отдыха детей и их оздоровления в 2020 г.

Тип функционирования	Число организаций отдыха детей и их оздоровления	В том числе:		Численность отдохнувших детей, человек
		стационарного типа	палаточного типа	
Всего	28	28	–	23507
В том числе: Круглогодичного функционирования	12	12	–	9633
Сезонного функционирования	16	16	–	13874

Примечание: составлено авторами.

На территории Краснодарского края активно развивается система организации отдыха и оздоровления детей. Детский отдых – одно из популярных направлений социального туризма на территории Краснодарского края. Дети отправляются на летний отдых в лагеря, санатории, дома отдыха по путевкам, предоставляемым школами, другими учебными учреждениями, а также Управлением по делам молодежи по программам творческого и интеллектуального развития, летнего отдыха и оздоровления подростков и молодежи, программам гражданско-патриотического воспитания и профилактики девиантного поведения. В таблице 4 приведено число организаций отдыха детей и их оздоровления в 2020 г.

По результатам анализа числа организаций отдыха детей и численности отдохнувших детей можно сделать вывод о том, что представленная в Краснодарском крае инфраструктура носит стационарный характер. Также большая часть приезжающих на отдых и оздоровление детей отмечается в организациях сезонного функционирования. Это связано с тем, что в рамках социальных программ городов и субъектов страны дети на время летних каникул получают путевки от школ или администрации муниципальных образований.

В Краснодарском крае активно развивается социальный туризм для пенсионеров всех категорий и инвалидов всех возрастных групп. Индустрия социального туризма в настоящий период имеет вид общественно-социальной активности, направленной на формирование и поддержание общества. В нынешних обстоятельствах модель социального туризма, существовавшая в СССР, невозможна в силу исчезновения централизованной системы организации социального отдыха. Поэтому в целях формирования

новых подходов для развития социального туризма стоит применять инновационные подходы, модификации, использовать накопившийся опыт, а также следовать мировым тенденциям.

Главной задачей социального туризма считается реализация конституционных прав всех категорий населения на отдых, а его значимость заключается в степени влияния на взаимоотношения в обществе, снижении уровня психологической напряженности, уменьшении разрыва между слоями общества, повышении уровня образованности населения, приобщении к истории и культурам, обычаям и традициям жителей других наций, снижении уровня социально-экономического неравенства и т.д.

В Российской Федерации социальный туризм выходит на качественно новый уровень развития. Этому способствуют функционирующие в стране принципы рыночной экономики. Социальный туризм, основы которого были заложены еще в Советском Союзе, претерпевает значительные изменения.

В нынешних обстоятельствах доля социального туризма как общественного явления и проявления советского этапа значительно уменьшилась. Постоянно растущие цены на автомобильный транспорт, продукты потребления, услуги, высокий процент изношенности инфраструктуры социального туризма, снижение субсидирования из средств со стороны государства влияют на снижение числа потенциальных туристов.

На сегодняшний день ресурсы национального, а также областных бюджетов, выделяемые на санаторно-курортное лечение основных потребителей социального туризма, постепенно сокращаются. На это влияют недостаток инициативы и отсутствие существенной выгоды, которую могли бы

получить работодатели, финансируя из собственных средств отдых своих работников. Разрешение трудностей формирования данной области допустимо посредством комплексного подхода, в структуру которого обязательно должна входить повестка об изменениях в законодательных и нормативно-правовых основах отрасли социального туризма.

Члены депутатских слушаний в Государственной Думе Российской Федерации постановили, что Федеральный закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» не включает в себя нормативно-правовые основы, на которых базируются восстановление, реконструкция и развитие социального туризма. В 1998 г. была создана рабочая группа по законопроекту «О общественном туризме» под руководством Комитета Государственной Думы по туризму и спорту. По результатам деятельности Комитета был разработан и вынесен на рассмотрение нормативно-правовой документ, согласно которому предпринимательство в сфере туризма, действующее в интересах социальной поддержки населения, должно было бы законодательно стимулироваться. Сущность законопроекта заключалась в отказе от перегрузки государственного бюджета, а также бюджетов субъектов, расширении понятия о социальных льготах и представлении социального туризма как экономической единицы, нуждающейся в бюджетном возмещении. Тем не менее, законопроект не получил поддержки в Государственной Думе и был отклонен. Основным аргументом послужило утверждение, что социальные льготы, не обладающие государственной поддержкой, мало реалистичны, как и жизнеспособность независимости социального туристского рынка.

Для того чтобы восстановить в Российской Федерации доступный всем льготным слоям населения туризм, имеющий социальную направленность, следует для начала принять проект закона «О социальном туризме». Такие изменения в нормативно-правовой базе социального туризма позволят заинтересовать туроператоров и турагентов в работе на внутреннем рынке при помощи субсидирования и льгот в налогообложении, популяризируют реализацию недорогих туристских поездок по программам социального туризма по территории Российской Федерации, а также дадут возможность задействовать туристский комплекс дружественных стран. Массовый

характер, который приобретет социальный туризм вследствие реализации дешевых туров, реверсивности средств и увеличения туристских потоков, окажет прямое влияние на благосостояние государства. Помимо этого, развитие социального туризма позволит создавать новые рабочие места и туристские зоны, увеличить базу основных потребителей, а также достойно и прочно удерживать конкурентоспособную мощь на рынке туристских услуг.

Также в проекте закона «О социальном туризме» следует учесть систему самосubsидирования туристских организаций, осуществляющих деятельность в сфере социального туризма, организацию активов для поддержания эффективной деятельности, увеличение кадров и повышение уровня качества образования специалистов по туризму, гостиничному делу и сервису. Отношения партнерства между государственными органами и коммерческими предприятиями в отрасли социального туризма крайне важны, в том числе они оказывают воздействие на формирование образа государства.

В целях поддержания жизнедеятельности социального туризма в Российской Федерации и его развития на рынке туристских услуг, увеличения массовости потребления и широкого доступа к преимуществам льготных путешествий для основного сегмента потребителей стоит на законодательном уровне предусмотреть для организаций, компаний и представителей граждан страны, активно способствующих развитию отрасли, определенные преференции, в том числе:

- ввести льготные режимы для лицензирования деятельности в сфере социального туризма;
- разработать налоговые льготы для организаций, занимающихся формированием, реализацией и продвижением услуг социального туризма;
- налог на добавленную стоимость, взимаемый при реализации услуг социального характера, преобразовать в туристскую ренту, освобожденную от уплаты налогов, и направить ее на поддержку инфраструктуры социального туризма;
- реализовывать безвозмездную целевую сертификацию;
- избавить образовательные учреждения и предприятия, подготавливающие профессионалов в области индустрии гостеприимства, от имущественного налога, налогов на содержание объектов жилищного фонда;

– определить льготный проезд для организованных детских и учебных туристских групп в течение времени обучения.

Туризм на сегодняшний день отличается социальной ориентацией на развитие и сохранение человеческого общества. В целях формирования новых подходов для развития социального туризма стоит использовать инновационные подходы, модификации, привлекать опыт предшественников, а также следовать мировым тенденциям. Таким образом, создание целостной системы социального туризма и ее развитие на сегодняшний день выходят в Российской Федерации на новый уровень.

Заключение

Индустрия туризма на сегодняшний день отличается быстрым темпом развития, высоким уровнем адаптивности к непредсказуемым ситуациям, а также обладает рядом перспектив для государства, его экономического сектора и населения страны. Посредством туризма формируются новые рабочие места, создаются новые рабочие зоны, разрабатывается и вводится в эксплуатацию новейшая и современная инфраструктура, поддерживается и улучшается уровень качества жизни граждан. Потребность общества в отдыхе и путешествиях влияет на культурное просвещение населения, а также оказывает влияние на совершенствование систем медицинского обслуживания, развитие страхового дела, содействует внедрению новых интеллектуальных систем и т.д.

Тем не менее, социальный туризм находится в настоящее время в кризисном состоянии, однако в обстоятельствах контролируемой рыночной экономики в Российской Федерации возможно не только достижение прежнего масштаба результативности показателей социального туризма, но и его существенное превышение. Для достижения этих целей следует, в первую очередь, стимулировать рынок туристских услуг на законодательном уровне так, чтобы заинтересовать в эффективности данного направления.

Предложенный Председателем подкомитета Государственной Думы по туризму К.С. Савельевым проект закона «О социальном туризме» отклонен еще в 1999 году. Сегодня в российском законодательстве нет нормативно-правового документа, который бы координировал деятельность социального туризма, определял бы первоочередность получения льгот по про-

граммам и выделял бы тех или иных туроператоров и турагентов, которые могли бы получать субсидирование на реализацию социальных программ.

Разобщенность нормативно-правовой системы в отрасли социального туризма способствовала тому, что сфера приобрела коммерческий характер. Появление на рынке социального туризма конкурентоспособных и сильных игроков может привести к тому, что в туристском коммерциале возникнет общество, не имеющее общественных, а также моральных ценностей.

Еще одной существенной проблемой социального туризма является недостаточность информирования населения о его правах и льготах. Многие представители групп основных потребителей услуг социального туризма даже не подозревают о том, что имеют возможность воспользоваться льготами на туристские поездки. Эта проблема осложняется тем, что доступную информацию о проводимых в субъектах социальных программах найти возможно лишь самостоятельно.

Но, несмотря на это, у социального туризма как отдельной отрасли туризма есть и свои конкурентоспособные достоинства. Таким достоинством, в первую очередь, выступает такое явление, как реверсивность средств. Например, в Краснодарском крае все средства, выделенные из бюджета на осуществление и реализацию социальных программ, вернулись обратно в бюджет посредством сбора налогов, курортных сборов и т.п.

Другим преимуществом можно считать большое количество оригинальных методов санаторно-курортного лечения, практикующихся в Российской Федерации. Их численность и уникальность не идут в сравнение с европейским опытом, потому как в отличие от отечественной практики, в зарубежных странах слабо развита санаторная система. Поднятие ее до уровня российского опыта потребует огромных затрат, что приведет к удорожанию общей стоимости туристского продукта и выбыванию из конкурентной борьбы. В Российской Федерации доля медицинских сотрудников от общего количества персонала санаториев и лечебных комплексов составляет в среднем от 30 до 50%, за рубежом это число опускается до одного или нескольких сотрудников на целый комплекс. Таким образом, подъем темпов развития социального туризма важен и обоснован социально-экономическими факторами.

Решение проблем, возникающих в сфере социального туризма в настоящее время, требует разработки специализированного законодательства. В первую очередь, следует принять закон о социальном туризме, благодаря которому данная сфера индустрии туризма получит свое развитие. Социальный туризм с принятием подобного нормативно-правового акта сможет получить свою независимость как отдельный вид туризма, в том числе приобретет статус самоуправляемого формирования, поскольку другое пришло бы в разногласие с рыночными основами социально-общественного туристского движения. Иными словами, полномочия, которыми законодатель наделяет сферу социального туризма, вытекают из его значимых для государства и его населения обязательств.

Следует предусматривать деятельность коллективного, координационного социального органа (совета, бюро и т.д.) с целью управления сферой. Закон «Об общественных объединениях» дает возможность применять такого рода варианты, если отсутствует потребность в создании системы управления с учредителями, например региональными ячейками на территории субъектов Российской Федерации и др. В структуру такого коллективного органа координации деятельности в области управления общественным туризмом на федеральном, региональном, муниципальном уровнях имеют возможность вступить репрезентанты общероссийских социальных организаций туризма, профсоюзов, ветеранских, молодежных и других аналогичных организаций. Помимо этого, в состав такой структуры могут войти органы государственной власти и управления туризмом на федеральном уровне или на уровне субъектов Федерации.

Следует осуществить всероссийский съезд приверженцев идеи социального туризма, для того чтобы собрать обширный диапазон заключений, суждений, пожеланий населения, на который можно было бы опираться при принятии решений. Коллективный координационный социальный орган в сфере управления социальным туризмом обязан приобрести право предлагать собственные технологические процессы, внедрять личные конкурентоспособные эталоны сервиса и подготовки кадров в сфере туризма, гостиничного дела и сервиса и т.д.

Превыше всего необходимо поставить задачу предоставления возможности туристским организациям без помощи извне достигать поставленных целей, саморегулировать их, адаптируя к изменяющейся обстановке. Необходимо формирование таких отношений с государством, при которых органы власти не вмешивались бы в работу компаний, вместе с тем сохраняя партнерские отношения и не мешая рыночной активности предприятий.

Список литературы

1. Шнорр Ж.П., Щетинина Н.А., Попова А.А. Организация социального туризма: региональные аспекты, проблемы, совершенствование // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2022. № 2 (93). С. 34-44.
2. Федеральный закон от 24 ноября 1996 г. N 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). Система ГАРАНТ. [Электронный ресурс]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/76802661:0> (дата обращения: 10.07.2023).
3. Дурня О.Н., Бурдюгова О.В. Анализ развития социального туризма в регионах РФ // Перекресток идей и гипотез: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Чебоксары, 18 ноября 2019 г.). 2019. С. 238.
4. Карпова Ю.И., Волкова Т.А. Перспективы развития социального туризма в России // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 11-5. С. 676-679.
5. Маренков И.О. Социальный туризм как способ преодоления внутреннего овертуризма // Инновации. Наука. Образование. 2022. № 51. С. 1573-1577.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА ОТТОК НАСЕЛЕНИЯ ИЗ ОТДАЛЕННЫХ РАЙОНОВ ЯКУТИИ (НА ПРИМЕРЕ ОЙМЯКОНСКОГО УЛУСА)

¹Слепцов С.С., ²Андреев М.Н., ³Слептова С.С.

¹ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
Якутск, e-mail: sachaja@yandex.ru;

²ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, e-mail: andreev@neurology.ru;

³ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,
Медицинский институт, Якутск, e-mail: sssleptsova@yandex.ru

Приведены краткие сведения о современном состоянии здравоохранения в Оймяконском улусе Республики Саха (Якутия). На основании проведенного анкетирования 440 респондентов проанализированы социальные условия местных жителей и лиц, переехавших из данного улуса в другие населенные пункты РФ. Рассмотрены планируемые, допускаемые или уже осуществленные причины миграционного оттока населения из Оймяконского улуса Якутии в другие населенные пункты России. Выявлено, что 42,8% респондентов планируют уехать жить в другой улус или город, у 32,8% подобное желание возникает периодически. Исследование показало, что удовлетворены работой врачей на местах только 4,1% жителей улуса, тогда как среди ранее уехавших этот показатель составил 47,6%. Преимущественно данный факт связан с нехваткой врачей узкого профиля и высокой текучестью кадров, обусловленной отсутствием жилья для приезжающих специалистов, сложными бытовыми условиями и суровым климатом. По мнению опрошенных, неудовлетворенность качеством оказания медицинской помощи и желание дать хорошее образование детям являются наиболее сильными предикторами отъезда местного населения за пределы улуса. Важно отметить, что подавляющее большинство уехавших из района не планирует возвращаться обратно. Все вышесказанное показывает, что данная проблема требует комплексной государственной помощи, в особенности в области здравоохранения.

Ключевые слова: миграционный отток населения, социологический опрос, здравоохранение, доступность медицинской помощи, качество жизни, Оймяконский улус, Якутия

IMPACT OF THE QUALITY OF HEALTHCARE ON THE OUTFLOW OF THE POPULATION FROM THE REMOTE AREAS OF YAKUTIA (ON THE EXAMPLE OF OYMYAKON ULUS)

¹Sleptsov S.S., ²Andreev M.N., ³Sleptsova S.S.

¹Yakut Science Centre Of Complex Medical Problems, Yakutsk, e-mail: sachaja@yandex.ru;

²Research Center of Neurology, Moscow, e-mail: andreev@neurology.ru;

³Institute of Medicine at M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk,
e-mail: sssleptsova@yandex.ru

The article provides brief information on the current state of healthcare in the Oymyakonsky ulus of the Republic of Sakha (Yakutia). Based on a survey of 440 respondents, the social conditions of local residents and those who have moved from this district to other settlements of the Russian Federation have been analyzed. The reasons for the migration outflow of the population from Oymyakonskii ulus of Yakutia to other settlements of the Russian Federation were reviewed. It was revealed that 42,8% of the respondents are planning to move to another district or city, and 32,8% periodically have a similar intention. The study showed that only 4.1% of ulus residents are satisfied by the performance of local physicians, whereas among those who have previously left the region this indicator was 47.6%. This fact is mainly due to the lack of specialized doctors and the high turnover rate due to the lack of housing for visiting specialists, difficult living conditions and harsh climate. According to the respondents, dissatisfaction with the quality of medical care and the desire to give a good education to children are the strongest predictors of the emigration of the local population outside the ulus. It is important to note that the vast majority of those who have left the district do not plan to return. All of the above shows that this problem requires comprehensive government assistance, especially in the field of health care.

Keywords: population outflow, sociological survey, health care, accessibility of medical care, quality of life, Oymyakon ulus, Yakutia

Несмотря на суровые климатические условия и отдаленность от центра, Оймяконский улус Республики Саха (Якутия) в течение многих десятилетий является одним из основных золотодобывающих центров региона [1, 2]. Активная деятель-

ность издавна ведется здесь и по развитию сельского хозяйства, в частности табунного коневодства, оленеводства. Кроме того, начиная с 2000-х гг. представителями местной исполнительной власти и рядовыми энтузиастами активно проводится целенаправлен-

ная работа по развитию туризма [3]. Иными словами, район должен бы быть одним из самых привлекательных для проживания мест в Республике Саха (Якутия). Однако уже треть века численность населения улуса неуклонно идет на спад: по данным переписей населения, в 1989 г. в районе проживало 32,3 тыс. чел., а в 2002 г. – 14,6 тыс. чел., в 2010 г. – 10,1 тыс. чел. В настоящее время в улусе числится 7,6 тыс. чел., т.е. только за последнее десятилетие численность населения снизилась почти на 20%. Безусловно, значительный миграционный отток существенно уменьшает потенциал развития района, качество человеческого капитала, увеличивает затраты на социальное и медицинское обслуживание населения [4, 5]. Необходимо указать, что с начала 1990-х гг. внутриулусное авиасообщение в Оймяконском районе отсутствует, а расстояние наземным путем (гравийная дорога) от улусного центра до большинства сельских населенных пунктов составляет не менее 400 км, что соответствует расстоянию от г. Якутска до п. Хандыга или от Москвы до Нижнего Новгорода.

Цель исследования – оценка удовлетворенности жителей Оймяконского улуса Республики Саха (Якутия) качеством получаемой медицинской помощи и определение ее роли в проблеме миграционного оттока населения.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленной цели коллективом ФГБНУ «ЯНЦ КМП» совместно с Медицинским институтом СВФУ им. М.К. Аммосова разработаны две анкеты: первая, состоящая из 27 вопросов, ориен-

тирована на лиц, проживающих в Оймяконском улусе (1-я группа), вторая, состоящая из 20 вопросов, – для переехавших из данного улуса в другие населенные пункты России (2-я группа). Вопросы анкеты раскрывали некоторые моменты социальной сферы граждан, а также планируемые, допускаемые или уже осуществленные причины их переезда за пределы района.

Сбор первичного материала методом случайной выборки проводился с 28 мая по 6 июня 2023 г. с помощью онлайн-инструмента Google Forms. Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016. Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics v.26 (разработчик – IBM Corporation). Для объединения респондентов в группы, исходя из их сходства по измеренным признакам, нами применялся двухэтапный кластерный анализ.

В 1-й группе опросом охвачено 290 чел. (69 муж., 221 жен.), из которых 174 чел. (60%) проживает в поселках городского типа Усть-Нера и Артык (находится в 130 км от Усть-Неры) и 116 чел. (40%) – в селах Томтор, Ючюгей, Оймякон, Сордоннох, Терьют. Доля мужчин трудоспособного возраста (до 60 лет) составила 92,8%, женщин (до 55 лет) – 73,3%. Большинство имеет высшее или среднее специальное образование (табл. 1).

Таблица 1

Распределение респондентов в 1-й группе по степени образованности, семейному положению и количеству детей, %

Пол	Образование				Семейное положение				Количество детей			
	высшее и не-полное высшее	среднее с педагогическим	среднее	неполное среднее	холост	женат/замужем	вдовец/вдова	разведен/а	без детей	1–2 ребенка	3 ребенка	4 и более детей
Мужчины	49,3	37,7	13	0	21,7	66,8	4,3	7,2	27,5	46,4	18,8	7,2
Женщины	51,1	39,8	8,1	0,9	19,5	58,4	7,6	14,5	17,6	56,1	14,5	11,8
В среднем	50,7	39,3	9,3	0,7	20,0	60,3	6,9	12,8	20,0	53,8	15,5	10,7

Таблица 2

Распределение респондентов по социальному статусу, %

Социальный статус	Группа	
	1-я	2-я
Работники образования и культуры	24,8	27,3
Занятые в органах государственной власти и управления	13,8	6,7
Занятые в промышленности	11,4	10,0
Работники торговли, общ. питания, бытового обслуживания и ЖКХ	11,0	6,0
Медицинские работники	6,5	5,3
Сотрудники силовых структур	3,1	0,7
Занятые в сельском хозяйстве	2,1	0,7
Пенсионеры	12,4	21,3
Индивидуальные предприниматели/самозанятые	4,1	6,0
Безработные	3,4	0,7
Неработающие по состоянию здоровья	1,7	1,3
Прочие	5,7	14,0

Таблица 3

Удовлетворенность населения Оймяконского улуса РС(Я) состоянием дел в различных отраслях экономики, %

Отрасль	Вариант ответа, %			
	Хорошее	Удовлетв.	Плохое	Затрудняюсь ответить
Образование	17,9	43,1	24,1	14,8
Сельское хозяйство	3,4	26,2	50,0	20,3
Здравоохранение	2,1	25,9	64,5	7,6

Во 2-й группе опрос прошли 150 чел. (из них 37 муж., 113 жен.). Из них 84,0% проживает в г. Якутске и других городских поселениях региона, остальные обосновались за пределами Якутии. Из общего числа уехавших 20,7% покинули улус до 1990 г., 30,0% – в 1991–2000 гг., 17,3% – в 2001–2010 гг., 26,0% – в 2011–2020 гг., 6% – с 2021 г. по настоящее время. Доля уехавших в трудоспособном возрасте составила 89,3% (134 чел.). Значительная часть опрошенных являются работниками бюджетной сферы (табл. 2). Высшее и неполное высшее образование имеют 65,3%, среднее специальное – 26%, среднее – 8,7%.

Результаты исследования и их обсуждение

Опрос показал, что в целом довольны положением дел в улусе только 10,0% жителей Оймяконья. Остальные либо не удовлетворены (72,8%), либо затруднились дать оценку (17,2%). Считаем важным указать, что 64,5% респондентов оценили состо-

яние здравоохранения в улусе как плохое (табл. 3). К слову, по данным ГБУ РС(Я) «Оймяконская ЦРБ» от 1 января 2023 г. отмечена сильная степень износа всех зданий ЦРБ (основное здание 1970 г. постройки), за исключением зданий врачебных амбулаторий в с. Томтор и с. Оймякон, коэффициент годности основных фондов – 27%, укомплектованность врачами – 61% (42 чел.), средним медперсоналом – 63% (86 чел.). Обеспеченность круглосуточными койками (на 10 тыс. населения) с 2013 г. по 2023 г. снизилась от 187 до 105 единиц, т.е. на 43,8%. В улусе отсутствуют такие специалисты, как хирург, педиатр, травматолог, невролог, рентгенолог, онколог, кардиолог, врач ультразвуковой диагностики. Из-за отсутствия ведомственного жилья для медработников и сложных бытовых и климатических условий отмечена высокая текучесть кадров – в 2020–2022 гг. из улуса выбыло 28 врачей и 48 чел. из среднего медперсонала, прибыло по 29 чел. в каждой категории.

Таблица 4

Показатели удовлетворенности респондентов качеством медпомощи, самооценки здоровья и материального положения, %

Варианты ответа	Группа 1-я (n = 290 чел.)			Группа 2-я (n = 150 чел.)
	Сельское население (n = 116 чел.)	Городское население (n = 174 чел.)	В среднем	
Вопрос «Удовлетворены ли Вы качеством медицинской помощи, оказываемой в месте Вашего проживания?»				
Да	3,4	4,6	4,1	47,6
Скорее да	10,3	10,9	10,7	27,2
Скорее нет	39,7	31,0	34,5	12,2
Нет	36,3	50,1	44,5	4,1
Затрудняюсь ответить	10,3	3,4	6,2	8,8
Вопрос «Как Вы оцениваете состояние своего здоровья?»				
Очень хорошее	2,6	1,1	1,7	6,7
Хорошее	14,7	16,1	15,5	32,7
Удовлетворительное	68,1	61,5	64,1	50,6
Плохое	6,0	16,1	12,1	5,3
Очень плохое	0,0	0,6	0,3	0,0
Затрудняюсь ответить	8,6	4,6	6,2	4,7
Вопрос «Как Вы оцениваете уровень своего материального положения?»				
Высокий	1,7	4,0	3,1	5,3
Сравнительно высокий	19,8	17,2	18,3	45,3
Средний	41,4	48,3	45,5	38,8
Ниже среднего	29,3	26,5	27,6	7,3
Очень низкий	5,2	2,9	3,8	0
Затрудняюсь ответить	2,6	1,1	1,7	3,3

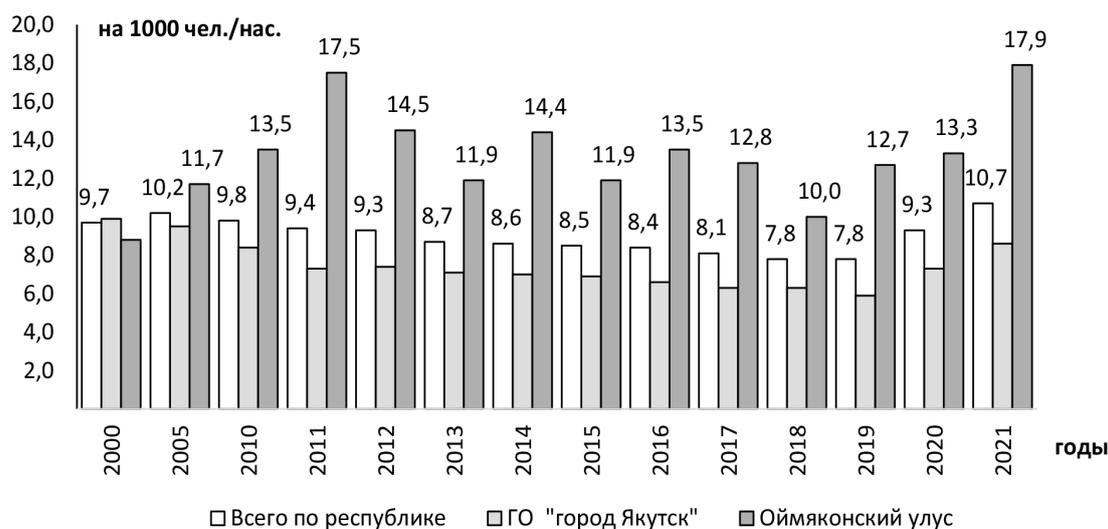
Полностью удовлетворены работой врачей 9,3%, работой среднего медперсонала 22,4%. Качеством медицинской помощи удовлетворены 4,1% жителей улуса, тогда как среди уехавших этот показатель составил 47,6% (табл. 4). Для сравнения, в ранее проведенных исследованиях как в г. Якутске, так и других регионах РФ (Удмуртия, Татарстан, Челябинская область), удовлетворенность населения качеством медицинской помощи была значительно выше и находилась на уровне выше 70% [6–8].

Отличия между двумя группами обнаружены и в показателях оценки собственного здоровья и уровня доходов. Например, если во 2-й группе респонденты оценили состояние своего здоровья как очень хорошее или хорошее в 39,4% случаев, то у жителей улуса это значение составило 17,2%.

Косвенно подтверждают показатели самооценки здоровья и данные по смертности: в среднем с 2010 по 2021 г. коэффици-

ент смертности оймьяконцев превышал аналогичный показатель по региону на 53,7% (рисунок).

Особого внимания в Оймьяконском улусе требует проблема с инфекционными заболеваниями, в том числе социально опасными. Например, по данным государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации по Республике Саха (Якутия) за 2022 год» заболеваемость (на 100 тыс. нас.) в районе активным туберкулезом (50,8 случаев) превышала средне-республиканские показатели в 1,6 раз, ВИЧ-инфекцией (38,1 случаев) – в 2,3 раз, внебольничными пневмониями (1193,8 случаев) – в 2,4 раз, ветряной оспой (2082,8 случаев) – в 4,3 раз, хроническим гепатитом В (38,1 случаев) – в 3,7 раз, хроническим гепатитом С (50,8 случаев) – в 4,5 раз, энтеровирусными инфекциями (165,1 случай) – в 14,9 раз.



Коэффициенты смертности населения в среднем по РС (Я), г. Якутску и Оймяконскому улусу (по данным Госкомстата)

Опрос также наглядно показал проблему профилактики заболеваний и лечения зубов: из опрошенных селян 2,6% (3 чел.) посещали зубного врача в улусном центре, 9,5% (11 чел.) проходили осмотр у командированных стоматологов по месту проживания, 23,3% (27 чел.) признались, что давно не пользовались услугами стоматологического кабинета, а 63,8% (74 чел.) вынужденно ездили в столицу региона (преимущественно во время отпуска или служебных командировок). Низкая обращаемость селян за помощью к стоматологу в районный центр обусловлена не только дальними расстояниями до пгт Усть-Нера, но и недоверием к качеству предлагаемых здесь услуг. Подтверждается это тем, что только 30,5% (53 чел.) жителей самой Усть-Неры, а также Артыка обращаются в местный стоматологический кабинет. Остальные также ездят за помощью в Якутск (35,1%, или 61 чел.) или в другие города страны (13,2%, или 23 чел.). К командированным врачам обращались 1,7% (3 чел.) жителей городских поселений, длительное время не пользовались услугами стоматолога 19,0% (33 чел.). Независимо от места проживания, 47,6% (138 чел.) считают, что испытывают необходимость посещения стоматолога, 22,8% отметили, что проблемы с зубами у них есть, но они не причиняют существенного дискомфорта.

Безусловно, подобные проблемы, с которыми в течение длительного времени сталкиваются местные жители, значительно снижают качество жизни. В результате

этого 42,8% респондентов планируют уехать жить в другой улус или город, у 32,8% подобное желание возникает периодически. Доля тех, кто не собирается покидать Оймяконский улус, составляет 20,7%, или 60 чел., из которых только 12 чел. указали, что их полностью устраивает нынешнее положение, а у остальных данный выбор обусловлен страхом поменять привычный образ жизни или работу, семейными обстоятельствами, финансовыми трудностями. Средний возраст респондентов, желающих уехать, был достоверно ниже и составил $45,95 \pm 1,0$ лет, а тех, которые желают остаться – $52,7 \pm 1,58$ лет ($p < 0,001$). Аналогичная закономерность была отмечена и в работе Р.М. Валиахметова и соавт. [9].

На вопрос «Хотят ли Ваши дети жить в Оймяконском улусе?» ответили «Да» или «Скорее да» 24,3% (58 чел.) родителей, «Нет» или «Скорее нет» – 55,6% (133 чел.), затруднились с ответом – 20,1% (48 чел.). В поливариантном вопросе о планируемых или допустимых причинах отъезда из улуса наиболее часто респонденты выбрали ответ «Отсутствие в улусе медицинского обслуживания, удовлетворяющего мои потребности». В результате двухэтапного кластерного анализа в структуре ответивших на данный вопрос были выделены два кластера: респонденты, которые планируют отъезд ввиду каких-либо причин – 124 чел. (63,6%), и респонденты, которые предпочли остаться в районе или затруднились дать ответ – 71 чел. (36,4%). Силуэтная мера связ-

ности и разделения составила 0,6, что соответствует хорошему качеству кластеров.

Из данных табл. 5 видно, что наиболее сильными предикторами для респондентов, планирующих отъезд, явились отсутствие удовлетворяющего их потребности медицинского обслуживания ($I = 0,1818$), желание дать хорошее образование детям ($I = 0,1516$) и желание быть ближе к родственникам, проживающим за пределами улуса ($I = 0,0816$). Выявленный нами основной предиктор в ряде аналогичных исследований даже не входил в число второстепенных причин для миграции [9–11].

Таблица 5

Основные предполагаемые причины отъезда в 1-й группе (на основании результатов двухэтапного кластерного анализа)

Важность (I)	Предиктор
0,1818	отсутствие в улусе медобслуживания, удовлетворяющего мои потребности
0,1516	желание дать более хорошее образование своим детям
0,0816	желание быть ближе к родственникам, проживающим за пределами улуса
0,0732	сложные бытовые условия
0,0677	отдаленность улуса от Якутска
0,0466	суровые природно-климатические условия
0,0440	наличие собственного жилья в другом улусе, городе
0,0262	отдаленность от места проживания до центра улуса
0,0262	пожилой возраст
0,0183	желание найти более хорошую работу
0,0127	отсутствие работы

Схожая ситуация наблюдалась и при анализе причин отъезда респондентов во 2-й группе. Как и предполагалось, среди уехавших до 2000 г. ($n = 76$ чел.) только 5,3% опрошенных указали, что их не устраивало медицинское обслуживание, тогда как у покинувших улус в 2001–2023 гг. ($n = 74$ чел.) данный показатель возрос до 24,3%. Несмотря на то, что у 87,2% уехавших остались близкие родственники в Оймяконском улусе, лишь 6,7% полагают, что позднее вернуться на родину вне зависимости от обстоятельств, 11,3% указали, что вернуться только при наличии жилья и/или места ра-

боты. Доля сожалеющих об отъезде из улуса незначительна и составляет 3,3%.

Заключение

Проведенное исследование и данные официальной статистики наглядно иллюстрируют сложившуюся в настоящее время плачевную демографическую ситуацию в Оймяконском улусе. Остановить миграционный отток и повысить привлекательность для проживания в отдаленных улусах республики возможно не только путем создания стабильных высокооплачиваемых рабочих мест, но и повышения доступности и качества медицинского обслуживания, в том числе за счет доходов, получаемых от добывающей промышленности. Весьма важным является обеспечение ведомственным жильем всех прибывающих в улус медработников и повышение престижа органов здравоохранения через улучшение материально-технической базы центральной районной больницы. Авторы убеждены, что определенный положительный вклад в решение некоторых описанных проблем Оймяконского улуса может внести включение его в список Арктических районов РС(Я). Для закрепления врачей в сельской местности необходимо продление сроков программ «Земской доктор» и «Земской фельдшер» более чем на 5 лет и внедрять целевое распределение выпускников по потребности в районы республики. В настоящее время специалисты в подавляющем большинстве случаев изначально настроены на непродолжительный срок работы, после которого выезжают из улуса. Причем, к большому сожалению, среди вновь прибывших врачей нет ни одного выпускника Медицинского института Северо-Восточного федерального университета.

В завершение необходимо отметить, что описанные трудности в организации здравоохранения наблюдаются практически во всех отдаленных районах Якутии, а ситуация в Оймяконском улусе лишь яркое тому подтверждение. Исходя из этого, в Якутии необходимо руководствоваться не стандартами, разработанными Минздравом РФ для относительно густонаселенных центральной или европейской частей России, а внедрять к каждому населенному пункту региона индивидуальный подход с учетом особенностей транспортной инфраструктуры, степени отдаленности поселений от районных центров, орографических особенностей местности и ряда других немаловажных факторов.

Список литературы

1. Никифорова В.В. Ресурсный потенциал золотодобывающей промышленности Республики Саха (Якутия) // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера: сборник статей Восьмой Всероссийской НПК с международным участием (Сыктывкар, 21–23 сентября 2022 г.). Иркутск: ООО «Максима», 2022. С. 247–255.
2. Шац М.М. Геотехнологические условия недропользования на золоторудном Тарынском месторождении (Восточная Якутия) // Недропользование XXI век. 2022. № 5. С. 22–27.
3. Винокурова М.А., Охлопкова Д.К., Петухова А.А. Туристская привлекательность арктических зон Республики Саха (Якутия) // Управление социально-экономическими системами: теория, методология, практика: монография / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. Пенза: Наука и просвещение, 2017. С. 85–97.
4. Реутов Е.В. Отток населения как угроза российской провинции // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество: ежегодник: материалы XIX Национальной научной конференции с международным участием (Москва, 18–19 декабря 2019 г.). Ч. 1. М.: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2020. С. 809–812.
5. Суходолов А.П., Озерникова Т.Г., Кузнецова Н.В. Миграционный отток населения как угроза кадровой безопасности региона (на примере Иркутской области) // Экономика труда. 2018. Т. 5, № 4. С. 1015–1036. DOI: 10.18334/et.5.4.39614.
6. Луцкан И.П., Борисова Е.А., Саввина Н.В., Бравин А.Д., Тимофеев Л.Ф., Коновалов О.Е. Основные критерии удовлетворенности качеством предоставления медицинских услуг детскому населению г. Якутска // Исследования и практика в медицине. 2019. Т. 6, № 1. С. 132–138. DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-1-14.
7. Москвичева М.Г., Полинов М.М. Анализ результатов независимой оценки качества условий оказания услуг медицинскими организациями Челябинской области, оказывающими медицинскую помощь в стационарных условиях // Вестник Челябинской областной клинической больницы. 2019. № 2. С. 42–49.
8. Ямщикова Т.В., Александрова О.С., Камалова Г.Р. Удовлетворенность населения качеством медицинской помощи в медицинских организациях, работающих в сфере обязательного медицинского страхования в Удмуртской Республике и Республике Татарстан // Молодой ученый. 2019. № 3. С. 105–107.
9. Валиахметов Р.М., Туракаев М.С. Миграционный потенциал населения республики Башкортостан: основные факторы и направления миграции // Научный результат. Социология и управление. 2020. Т. 6, № 4. С. 69–86. DOI: 10.18413/2408-9338-2020-6-4-0-5.
10. Улюмджиева Л.В. Миграционные настроения населения Республики Калмыкия: социологический аспект // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2022. № 1 (44). С. 68–73. DOI: 10.24412/2071-7830-2022-144-68-73.
11. Озерникова Т.Г., Кузнецова Н.В. Миграционные настроения населения Иркутской области // Global and Regional Research. 2019. Т. 1, № 3. С. 96–103.

УДК 630:574.23:582.475(235.222)
DOI 10.17513/use.38070

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА В ВЫСОКОГОРЬЯХ КАТУНСКОГО ХРЕБТА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Филимонова Е.О., Тимошок Е.Е., Савчук Д.А., Николаева С.А.

*Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук, Томск,
e-mail: smelena82@mail.ru, timoshokee@mail.ru, savchuk@imces.ru, sanikoll@rambler.ru*

В высокогорьях Катунского хребта Горного Алтая, на примере верховий р. Аккем, впервые описано современное состояние верхней границы леса, как полосы между верхней границей сомкнутых лесов и верхней границей распространения отдельных деревьев, которая является важнейшим биогеографическим рубежом и международно признанным индикатором изменений климата. На склонах долины р. Аккем определены верхние границы: сомкнутых лесов (2300 м над ур. м. на восточном и 2200 м на западном склоне); групп деревьев (2330 и 2265 м соответственно); одиночных деревьев и подростка кедра сибирского (*Pinus sibirica*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) (2440 и 2290 м над ур. м. соответственно). Сомкнутые леса представлены кедровыми и лиственнично-кедровыми разнотравно-вейниково-зеленомошными и разнотравно-бруснично-зеленомошными с двумя-тремя поколениями: на восточном склоне возраст деревьев кедр и лиственницы первого поколения составляет 270–400 лет, второго – до 180 лет, на западном склоне возраст деревьев первого поколения 530–590 лет, второго – 250–440 лет, третьего – до 140 лет. На восточном склоне долины р. Аккем границы групп деревьев и одиночных деревьев формирует преимущественно кедр, на западном – лиственница. В составе подростка абсолютно преобладает кедр, подрост лиственницы старше 18 лет единичен, а более молодой отсутствует. Все границы очень извилисты. На западном склоне по сравнению с восточным высота границ значительно (до 80 м) снижена за счет развития оползневых процессов. Репродуктивная граница кедр проходит на высоте 2370 м.

Ключевые слова: верхняя граница леса, лиственница, кедр, возрастная структура, сосудистые растения, Катунский хребет, Горный Алтай

Исследование было поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание ИМКЭС СО РАН, регистрационный номер проекта № 121031300226-5, FWRG-2021-0003).

CURRENT STATE OF UPPER FOREST LINE IN HIGH ELEVATIONS OF THE KATUNSKY RANGE (THE ALTAI MOUNTAINS)

Filimonova E.O., Timoshok E.E., Savchuk D.A., Nikolaeva S.A.

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk,
e-mail: timoshokee@mail.ru, smelena82@mail.ru, savchuk@imces.ru, sanikoll@rambler.ru*

The current state of the upper forest lines are first described in the high elevations of the Katunsky Range of the Russian Altai Mountains (the upper reaches of the Akkem river as an example). The upper forest line is a strip between the upper line of closed forests and the upper line of the single trees. This line is the most important biogeographic boundary and an internationally recognized indicator of climate change. The following upper lines are defined on the slopes of the Akkem river valley: closed forest lines (2300 m a.s.l. on the eastern slope and 2200 m a.s.l. on the western slope); tree group lines (2330 and 2265 m a.s.l., respectively); single tree lines and seedling lines (2440 and 2290 m a.s.l., respectively). Closed forests are grass-reed-green mossy and grass-cowberry-green mossy Siberian stone pine (*Pinus sibirica*) and Siberian larch (*Larix sibirica*)-Siberian pine forests with 2-3 generations. The age of pine and larch trees of the first generation is 270–400 years, of the second generations is up to 180 years on the eastern slope and the age of the trees of the first generation is 530–590 years, of the second generation is 250–440 years, and of the third generation is up to 140 years on the western slope. On the eastern slope of the Akkem river valley, Siberian stone pine is mainly formed the tree group lines and single tree lines and Siberian larch do on the western slope. The seedlings is absolutely dominated by stone pine, larch seedlings older than 18 years is rare and the younger seedlings are absent. All lines are very tortuous. The altitude of the lines is significantly (up to 80 m) reduced on the western slope as compared with the eastern one due to the active landslide processes. The reproductive line of the Siberian stone pine is 2370 m a.s.l.

Keywords: forest line, Siberian larch, Siberian stone pine, age structure, vascular plants, Katunsky Range, the Altai Mountains

The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (State Assignment of IMCES SB RAS, registration number of the project No. 121031300226-5, FWRG-2021-0003).

Верхняя граница леса, представляющая собой полосу между верхней границей сомкнутых лесов и верхней границей распространения отдельных деревьев, является важнейшим биогеографическим рубежом и международно признанным индикатором изменений климата [1–3 и др.]. В настоящее время отмечается необходимость и важность изучения верхней границы на локальном и микромасштабном уровнях [4].

Катунский хребет – самый высокий хребет Горного Алтая. Для него характерна типичная для этой горной страны высотная поясность растительности: горно-лесной пояс занимает полосу 1300–2200 м над ур. м., лесотундровый экотон – 2200–2400 м, горно-тундровый пояс расположен выше 2400 м. Границы леса были описаны ранее для Северо-Чуйского хребта [5, 6] и не изучались на Катунском.

Цель работы – охарактеризовать современное состояние верхней границы леса в ороклиматических условиях Катунского хребта.

Материалы и методы исследования

Район исследований расположен в наиболее высокой части Катунского хребта, в верховьях р. Аккем, где сосредоточено современное оледенение самой высокой вершины Алтая – г. Белуха (4506 м над ур. м.).

Материалы для исследований собраны в 2015 г. на склонах долины р. Аккем в районе Аккемского озера. Склоны крутые, западный – более влажный, восточный – более сухой. На них распространены подвижные каменистые осыпи, отмечены русла временных водотоков. Климат, по данным ГМС Аккем (49°55' с.ш., 86°32' в.д., 2050 м над ур. м.), характеризуется относительно низкими зимними (–15,1––17,0 °С) и летними (7,9–9,5 °С) температурами воздуха. Годовая сумма осадков 550 мм, из которой более половины (55%) выпадает летом и только 4% зимой.

На восточном и западном склонах долины на границе сомкнутых лесов из лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) и кедра сибирского (*Pinus sibirica*) и в лесотундровом экотоне заложено 15 пробных площадей (ПП) размером 20–40 м. На каждой пробной площади проводился сплошной перебор древостоя и подроста кедра и лиственницы с измерением высоты, диаметра ствола на высоте груди у деревьев и стволика в его основании у подроста, а также отбор кернов и срезов максимально близко к по-

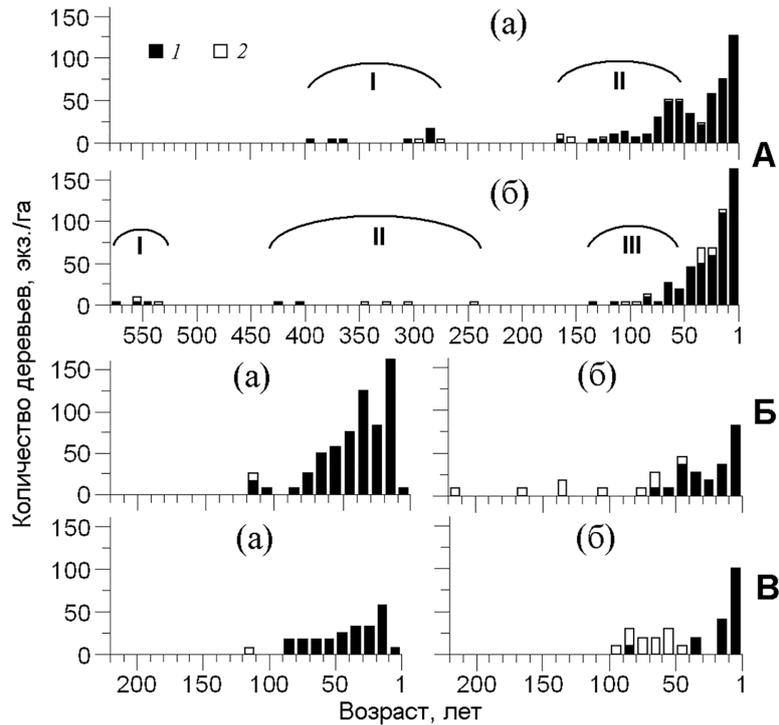
верхности земли для определения возраста. Всего обследовано 359 взрослых деревьев и 267 особей подроста. К подросту отнесены молодые особи кедра и лиственницы до 1,5 м высотой и возрастом менее 50 лет. Для определения возраста деревьев и крупного подроста (144 модельные особи) измерялась ширина годичных колец на установке LINTAB с точностью 0,01 мм. Затем полученные ряды перекрестно датировались для выявления ложных и выпавших колец [7]. Возраст определялся по датированным годичным кольцам с учетом поправок у сердцевины и на высоту отбора керна [8]. Возраст мелкого подроста (252 особи) устанавливался по годичным приростам стволика. Динамику урожая восстанавливали по следам от шишек на коре [9]. На всех пробных площадях выполнены полные геоботанические описания с указанием проективного покрытия (в процентах) кустарникового, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов и входящих в них видов растений.

Результаты исследования и их обсуждение

Как показали проведенные исследования, на верхней границе сомкнутых лесов на более сухом восточном склоне долины р. Аккем преобладают кедровые леса с примесью лиственницы, на более влажном западном – лиственнично-кедровые. Эти леса занимают неширокую полосу в нижней части склонов на высотах 2065–2240 м над ур. м. Сомкнутость крон древесного яруса изменяется от 0,3 до 0,7, плотность деревьев – от 216–275 до 343–850 экз./га.

В лесах восточного склона в древесном ярусе абсолютно преобладает кедр, его участие в составе составляет 90–100%. Здесь выделено два возрастных поколения кедра и лиственницы (рисунок, А). В первом поколении средний возраст деревьев кедра достигает 346 лет (средняя высота деревьев 10 м, диаметр ствола 60 см), лиственницы – 286 лет (высота 16 м, диаметр 30 см); во втором – 82 и 129 лет (высота 6 и 9 м, диаметр 13 и 20 см) соответственно.

На этом склоне во всех обследованных лесных сообществах в составе подроста отмечен только кедр со средним возрастом 16 лет. Плотность подроста в лесах нижней части склона, на высотах 2065–2070 м, составляет 625–1300 экз./га, в его верхней части, на высотах 2220–2240 м над ур. м. этот показатель снижается более чем в два раза, до 325–575 экз./га.



Распределение по возрасту деревьев кедра (1) и лиственницы (2) в лесах (А), группах (Б) и среди одиночных деревьев (В) на верхней границе леса на восточном (а) и западном (б) склонах в верховьях р. Аккем (Катунский хребет, Горный Алтай). Дугами и римскими цифрами обозначены возрастныe поколения

Подрост кедра в разреженных и сомкнутых лесах преимущественно жизнеспособный (до 70%), тогда как в самом сомкнутом высокорасположенном участке леса на высоте 2220 м над ур. м. преобладает угнетенный подрост.

В кедровых лесах восточного склона в негустом кустарниковом ярусе (проективное покрытие 10–15%) преобладают *Lonicera altaica* и *Spiraea flexuosa*; в травяно-кустарниковом ярусе (проективное покрытие 30%) содоминируют *Vaccinium vitis-idaea* (10%) и *Calamagrostis langsdorfii* (15%); в мохово-лишайниковом ярусе (проективное покрытие 15–20%) преобладают мхи *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, участие лишайников *Cladonia stellaris* и *C. arbuscula* незначительно (около 5%).

В древесном ярусе лесов более влажного западного склона участие кедра в составе колеблется от 50 до 80%, лиственницы – от 20 до 50%. Здесь представлены три возрастныe поколения кедра и лиственницы (рисунок, А). Первое поколение сформировано кедром со средним возрастом деревьев 559 лет (средняя высота деревьев 12 м, диаметр ствола 81 см) и лиственницей 542 года

(высота 12 м, диаметр 50 см); второе – кедром со средним возрастом 415 лет (высота 14 м, диаметр 57 см) и лиственницей 308 лет (высота 10 м, диаметр 37 см); третье – кедром со средним возрастом 81 год (высота 5 м, диаметр 13 см) и лиственницей 97 лет (высота 10 м, диаметр 19 см).

В лесах этого склона в составе подроста также абсолютно преобладает кедр (более 95%) со средним возрастом 15 лет, участие подроста лиственницы с возрастом 29 лет незначительно (менее 5%). Плотность молодых особей кедра составляет 767–850 экз./га; подрост преимущественно (70–80%) жизнеспособный.

В лиственнично-кедровых лесах западного склона в разреженном кустарниковом ярусе (проективное покрытие 7–10%) преобладает *Lonicera altaica*; в негустом травяно-кустарниковом ярусе (проективное покрытие 15–20%) на более крутых участках склонов коллективным доминантом являются злаки *Festuca altaica*, *Poa sibirica*, *P. altaica*, *Calamagrostis pavlovii* (суммарное проективное покрытие 10%), на пониженных элементах мезорельефа содоминируют те же виды злаков и *Vaccinium*

vitis-idaea (проективное покрытие по 10%). В хорошо развитом мохово-лишайниковом ярусе (проективное покрытие 40%) преобладают мхи *Rhizidium rugosum*, *Hylocomium splendens*, *Aulacomnium palustre*, значительно участие лишайников (15%) с господством *Cladonia stellaris*.

Выше границы сомкнутых лесов в лесотундровом экотоне восточного и западного склонов долины расположены группы более молодых деревьев кедра и лиственницы.

На восточном склоне, на высотах 2320–2330 м над ур. м., в древесном ярусе и в плотных и в разреженных группах абсолютно господствует кедр со средним возрастом 71 год (рисунок, Б). Плотность взрослых деревьев изменяется в значительных пределах от 125 в разреженных до 507 экз./га в плотных группах. Подрост представлен только кедром, плотность которого колеблется от 350 до 767 экз./га, средний возраст 22 года. В целом в группах деревьев на западном и восточном склонах преобладает жизнеспособный подрост (50–75%), на долю угнетенного подроста приходится 25–50%.

В горизонтальной структуре напочвенного покрова лесотундрового экотона на восточном склоне, на выровненных некрутых участках развиты довольно густые заросли *Betula rotundifolia* (проективное покрытие 50%) с примесью *Salix glauca*, под пологом которых формируется травяной ярус (проективное покрытие 20%) с преобладанием злаков *Festuca altaica*, *F. sphagnicola*, *Poa sibirica*, *P. alpigena*, *P. urssulensis*; хорошо развит моховой покров из *Rhizidium rugosum* и *Pleurozium schreberi*. На крутых каменистых участках склонов представлены можжевельники *Juniperus pseudosabina* и *J. sibirica* (проективное покрытие 10%) и разнотравно-злаковые синузии (проективное покрытие 20%) с преобладанием *Festuca altaica* и *Poa sibirica* и неразвитым моховым покровом (проективное покрытие около 5%).

На западном склоне, на высотах 2190–2265 м над ур. м., располагаются разреженные группы деревьев лиственницы и кедра с разным участием этих видов в древесном ярусе: участие лиственницы по составу составляет 70–95% (средний возраст 110 лет), кедра – 5–30% (60 лет) (рисунок, Б). Плотность деревьев варьирует от 300 до 433 экз./га. Как и на восточном склоне, в подросте отмечен только кедр, плотность которого (600–750 экз./га) почти в 2 раза больше, чем плотность деревьев. Возраст молодых осо-

бей кедра составляет 28 лет; преобладает жизнеспособный подрост (67%).

В сообществах с разреженными группами лиственницы на западном склоне кустарниковый ярус мало развит (проективное покрытие 10%) из *Lonicera altaica*, *Salix saposhnikovii*, *S. sajanensis*; в хорошо развитом травяном ярусе (проективное покрытие 40%) содоминируют злаки *Festuca altaica* и виды рода *Poa*; редкие мхи яруса не образуют.

Выше границы групп деревьев, на абсолютных высотах 2240–2370 м, располагаются отдельно стоящие деревья, среди которых на восточном склоне преобладает кедр, на западном – лиственница; плотность деревьев низкая (33–125 экз./га). Средний возраст деревьев кедра и лиственницы составляет 70–90 лет (рисунок, В). Подрост представлен только кедром, плотность на восточном склоне 100–150 экз./га (средний возраст 21 год, угнетенного подроста 30–50%) в 2 раза ниже, чем на западном – 200–350 экз./га (возраст 12 лет, угнетенного подроста 27–33%). Подрост лиственницы на обоих склонах отсутствует.

На восточном склоне одиночные деревья кедра и лиственницы окружены густыми зарослями *Betula rotundifolia* (проективное покрытие более 50%), под пологом которых формируется малоразвитый травяно-кустарничковый ярус (проективное покрытие 10%) с преобладанием *Festuca altaica*, *Poa sibirica* и *Vaccinium vitis-idaea*, хорошо развит мохово-лишайниковый покров (проективное покрытие 40–45%) с доминированием *Pleurozium schreberi*, *Rhizidium rugosum* и лишайников из р. *Cladonia*. На западном склоне, где одиночные деревья лиственницы произрастают на крупнокаменистых участках, кустарниковый, травяно-кустарничковый и моховой ярусы не развиты. Небольшие синузии кустарников из *Lonicera altaica*, *Juniperus pseudosabina*, кустарничка *Vaccinium vitis-idaea*, злаков, в основном *Festuca altaica*, мхов (*Rhizidium rugosum* и *Hylocomium splendens*) и лишайников (*Cladonia stellaris*), приурочены к понижениям между камнями.

Для кедра характерна высокая изменчивость семеношения, от полного неурожая до обильного урожая. Высокоурожайными годами у кедра были 2001, 2006, 2011 и 2013 гг., неурожайными – 2000, 2002, 2005 и 2014 гг. Семеношение кедра отмечено до высоты 2370 м над ур. м., где и проходит репродуктивная граница этого вида в долине р. Аккем.

Проведенные исследования показали, что выделенные возрастные поколения кедр и лиственницы в лесах высокогорий Катунского хребта соответствуют известным климатическим эпохам: поколение 542–559-летних деревьев появилось в конце средневекового потепления, 286–415-летних – в малый ледниковый период, 81–129-летних – в период современного потепления. Близкие поколения были выделены в старовозрастных кедровых и лиственничных лесах на Северо-Чуйском хребте [10]. При этом следует отметить, что на восточном склоне долины р. Аккем деревья самых старших возрастов отсутствуют.

Выше границы этих лесов заселение началось 230 лет назад на западном склоне и 120 лет назад на восточном. Отсутствие здесь деревьев старше 100 лет на восточном склоне связано с массовыми обширными пожарами на Алтае во второй половине XIX в., свежие отметины от которых и 35-летние гари зафиксированы в 1897 г. [11]. Многочисленные следы относительно недавних пожаров отмечались и нами. Абсолютная высота верхней границы леса на западном склоне на 80 м ниже за счет отмеченных нами активных оползневых процессов, чем на восточном. Это довольно важный фактор, который постоянно ограничивает продвижение деревьев вверх по склону, влияя на состояние верхней границы. Отмечается усиление роли этого фактора для современного заселения и будущего положения границы леса в высокогорьях итальянских Альп [12]. Действие этих экологических факторов привело к формированию диффузного и островного типов верхних границ [13].

На всех участках склонов долины р. Аккем средний возраст подроста кедр составляет 21–28 лет, тогда как среди одиночных деревьев на западном склоне – 12 лет (присутствуют только особи до 15 лет и старше 30 лет). Такой разрыв в возрастном распределении, вероятно, можно объяснить усилением здесь оползневых процессов в 1980–1990-е гг. По данным ГМС Аккем, в этот период 10 и 9 раз наблюдалось повышенное выпадение осадков в июне и июле (на 11–62% и 12–43% от среднемесячной нормы соответственно).

Участие видов взрослых деревьев по составу различно на разных склонах: на восточном доминирует кедр, на западном – лиственница. Участие видов подроста по составу иное: везде абсолютно преобладает кедр, доля лиственницы небольшая, при-

чем отсутствуют особи этого вида младше 18 и 30 лет в лесах и выше их соответственно. Доминирование кедр в подросте фиксировалось и на Северо-Чуйском хребте [6]. Это свидетельствует о большом потенциале кедр в заселении склонов в высокогорьях по сравнению с лиственницей. При этом важны условия произрастания на конкретных участках склонов. В целом они благоприятны для подроста кедр, тогда как на одном из участков леса (высокосомкнутый кедровый лес) имеются обширные мертвопокровные синузии, которые свидетельствуют о высокой конкуренции в напочвенном покрове, в том числе подроста, за свет, поэтому здесь велика доля (до 70%) угнетенного подроста.

Заключение

Таким образом, в современный период в ороклиматических условиях Катунского хребта (Горный Алтай) верхняя граница сомкнутых лесов из кедр сибирского (*Pinus sibirica*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) проходит на высотах 2200–2300 м, групп деревьев – 2265–2330 м, отдельных деревьев – 2290–2370 м, подрост кедр – до 2440 м над ур. м. Сомкнутые леса представлены кедровыми и лиственнично-кедровыми разнотравно-вейниково-зеленомошными и разнотравно-бруснично-зеленомошными с двумя-тремя поколениями: на восточном склоне возраст деревьев кедр и лиственницы первого поколения составляет 270–400 лет, второго – до 180 лет, на западном склоне возраст деревьев первого поколения 530–590 лет, второго – 250–440 лет, третьего – до 140 лет. На восточном склоне границы групп деревьев и одиночных деревьев формирует преимущественно кедр, на западном – лиственница. В составе подрост абсолютно преобладает кедр, подрост лиственницы старше 18 лет единичен, а более молодой отсутствует. На западном склоне по сравнению с восточным высота границ значительно (до 80 м) снижена за счет развития оползневых процессов. Репродуктивная граница кедр и лиственницы проходит на высоте 2370 м.

Авторы благодарят канд. биол. наук А.Ю. Бочарова и канд. биол. наук М.Н. Белову за помощь в сборе полевого материала.

Список литературы

1. Kim J.-W., Lee J.-S. Dynamics of alpine treelines: positive feedbacks and global, regional and local controls // J. Ecol. Environ. 2015. Vol. 38, Is. 1. P. 1–14. DOI: 10.5141/ecoenv.2015.001.

2. Holtmeier F.-K., Broll G. Treelines – approaches at different scales // Sustainability. 2017. Vol. 9, Is. 5. Article 88. P. 1–19. DOI: 10.3390/su9050808.
3. Kullman L. A review and analysis of factual change on the max rise of the swedish scandes treeline, in relation to climate change over the past 100 years // J. Ecol. Nat. Res. 2018. Vol. 2, Is. 6. Article 000150. P. 1–16. DOI: 10.23880/jenr-16000150.
4. Holtmeier F.-K., Broll G. Treeline research – from the roots of the past to present time. A review // Forests. 2020. Vol. 11, Is. 1. article 38. P. 1–31. DOI: 10.3390/f11010038.
5. Тимошок Е.Е., Филимонова Е.О., Пропастилова О.Ю. Структура и формирование древостоев хвойных в экотоне верхней границы древесной растительности Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай) // Экология. 2009. № 3. С. 187–194.
6. Тимошок Е.Е., Николаева С.А., Тимошок Е.Н., Савчук Д.А., Филимонова Е.О., Райская Ю.Г., Скороходов С.Н., Белова М.Н., Бочаров А.Ю. Экологический мониторинг автотрофного блока наземных экосистем в Северо-Чуйском центре оледенения (Центральный Алтай) // Сибирский экологический журнал. 2022. № 3. С. 249–262. DOI: 10.15372/SEJ20220301.
7. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: Издательство КрасГУ, 2000. 80 с.
8. Николаева С.А., Савчук Д.А. Оценка методов дендроиндикации при датировании экзогенных гравитационных процессов прошлого в верховьях р. Актру (Горный Алтай) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2021. Т. 85, № 3. С. 392–404. DOI: 10.31857/S2587556621030110.
9. Воробьев В.Н. Метод ретроспективного изучения динамики семеношения *Pinus sibirica* Du Tour // Ботанический журнал. 1979. Т. 64, № 7. С. 971–974.
10. Timoshok E.E., Timoshok E.N., Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Filimonova E.O., Skorokhodov S.N., Bocharov A.Yu. Monitoring of high altitudinal terrestrial ecosystems in the Altai Mountains // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2016. Vol. 48. P. 1–9. DOI: 10.1088/1755-1315/48/1/012008.
11. Сапожников В.В. Катунь и ее истоки. Путешествия 1897–1899 годов. Томск: Паровая типо-литография П.И. Макушина, 1901. 289 с.
12. Leonelli G., Pelfini M., Morra di Cella U., Garavaglia V. Climate warming and the recent treeline shift in the European Alps: The role of geomorphological factors in high-altitude sites // Ambio. 2021. Vol. 40, Is. 3. P. 264–273. DOI: 10.1007/s13280-010-0096-2.
13. Singh S.P., Singh R.D., Gumber S. Interpreting mountain treelines in a changing world. Largely based on the Indian Himalaya. Uttarakhand, Kathmandu: Central Himalayan Environment Association and International Centre for Integrated Mountain Development, 2021. 131 p. DOI: 10.53055/ICIMOD.787.

УДК 504.054:656.13
DOI 10.17513/use.38071

АКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭРОВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Цыганков Д.А.

*ФГБОУ ВО Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск,
e-mail: tsygankov@corp.nstu.ru*

В статье рассматривается акустическое воздействие на воздушную среду при строительстве и последующей эксплуатации аэровокзального комплекса. Для оценки величин уровней звукового давления, образующихся в результате ведения основных видов строительно-монтажных работ и эксплуатации аэродромной техники на границах с жилой и производственной зонами намечено 20 контрольных точек. Показатели акустического воздействия на воздушную среду, полученные в ходе их измерения или расчёта, сравнивались с требованиями, содержащимися в государственных нормативных документах. В результате проведения сравнительной оценки фактического, расчётного и требуемого уровней звукового давления выяснилось, что как при строительстве, так и при эксплуатации аэровокзального комплекса в дневное и ночное время будут присутствовать превышения допустимых величин акустического воздействия в 4 контрольных точках. Эти точки находятся на границе строительной площадки с садово-огородным товариществом и северо-западной частью аэровокзального комплекса. По результатам исследования было установлено, что превышения дневных норм акустического воздействия на 15–20 % выше, чем ночных. В качестве мероприятий по борьбе с шумом предложен перенос большей части работ при строительстве и основных объёмов перевозок пассажиров при эксплуатации аэровокзального комплекса на зимний период года и дневное время.

Ключевые слова: воздушная среда, шум, звуковое давление, нормирование, строительство, эксплуатация

ACOUSTIC IMPACT ON THE AIR ENVIRONMENT DURING THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF THE AIRPORT COMPLEX

Tsygankov D.A.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: tsygankov@corp.nstu.ru

The article deals with the acoustic impact on the air environment during the construction and subsequent operation of the air terminal complex. To assess the values of sound pressure levels generated because of conducting the main types of construction and installation works and the operation of airfield equipment, 20 control points are planned at the borders with residential and industrial zones. The indicators of acoustic impact on the air environment, obtained during their measurement or calculation, were compared with the requirements contained in state regulations. As a result of a comparative assessment of the actual, calculated and required sound pressure levels, it turned out that both during the construction and operation of the air terminal complex in the daytime and at night there will be excesses of the permissible acoustic impact values at 4 control points. These points are located on the border of the construction site with the gardening partnership and the northwestern part of the airport complex. According to the results of the study, it was found that the excess of the daytime norms of acoustic impact is 15–20% higher than the nighttime ones. As measures to combat noise, it is proposed to transfer most of the work during construction and the main volumes of passenger traffic during the operation of the air terminal complex to the winter period of the year and daytime.

Keywords: air environment, noise, sound pressure, regulation, construction, operation

Строительство является значимой сферой человеческой деятельности. Одним из вредных производственных факторов, возникающих в ходе реализации проектов организации и производства основных видов строительно-монтажных работ, является производственный шум. Снижение его фактических уровней до требуемых законодательством величин, как правило, связано с большим количеством технических трудностей и значительными материальными затратами. В строительстве борьба с шумом ведётся как на стадии проектирования зданий и сооружений, а также их комплексов,

так и при их реконструкции. Теоретические расчёты позволяют прогнозировать ожидаемые уровни звукового давления на территории строительной площадки, а результаты сравнения их величин с нормативными требованиями и фактическими замерами могут быть положены в основу проектирования различных мероприятий по защите от шума. Влияние шума на здоровье человека не ограничивается его негативным воздействием на слух, поскольку имеются данные о том, что материальный ущерб от потери слуха, вызываемый шумом, в промышленности больше, чем от воздействия

любого другого вредного производственного фактора [1, с. 22–23]. При этом шум увеличивает кровяное давление, изменяет естественный ритм работы желудочно-кишечного тракта, негативно сказывается на психике человека и понижает его работоспособность на 10–15 %. В этой связи борьба с шумом имеет не только большое технико-экономическое и санитарно-гигиеническое, но и научное значение. Поскольку продолжительное воздействие шума негативно сказывается на организме человека, то возникает необходимость установления определённых нормативных требований, соблюдение которых позволит максимально снизить его влияние на производителей строительных работ. Выполнение большинства основных видов строительно-монтажных работ сопровождается уровнями звукового давления, фактические величины которых значительно превышают допустимые нормы. Согласно большинству проектов организации и производства основных видов строительно-монтажных работ, многие из них могут проводиться в дневное и ночное время [2, с. 19–20].

Целью данного исследования является измерение фактических и расчёт предполагаемых уровней звукового давления, образующихся при работе строительной техники и эксплуатации аэродромного оборудования, для сравнения полученных значений с их нормативными величинами для дневного и ночного времени.

Материалы и методы исследования

Научное исследование проведено посредством замеров фактических уровней звукового давления, образующихся при работе строительной техники, а также расчёта предполагаемых уровней загрязнения воздушной среды акустическим воздействием при эксплуатации аэродромной техники.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно существующим техническим решениям в состав строящегося аэровокзального комплекса будут входить здание аэровокзала, аванперрон и привокзальная площадь. Для работы аэровокзала предусмотрена двухуровневая схема обслуживания пассажиров и одноуровневая схема обработки багажа. Обслуживание вылетающих пассажиров происходит на первом и втором этажах здания аэровокзала, а прилетевших – на первом. Проектируемый комплекс

предназначается для обслуживания конечных и начальных пассажиров. Пропускная способность аэровокзального комплекса составляет 1 млн чел./г или 400 чел./ч – в часы максимальной загрузки при круглогодичном и круглосуточном режимах работы.

Для оценки уровня акустического воздействия на воздушную среду в период строительства и эксплуатации аэровокзального комплекса были намечены 20 контрольных точек (табл. 1).

Научными задачами, решаемыми в ходе ведения работы, являлись: выявление источников шума на территории строительства и определение их характеристик; выбор контрольных точек для оценки шумового воздействия; расчёт ожидаемых уровней звукового давления в контрольных точках в период эксплуатации объекта и их измерение – в период его строительства; сравнение полученных значений уровней звукового давления с нормативами; предложение мероприятий по защите от шума.

Предельно допустимые уровни звукового давления для периода строительства аэровокзального комплекса приведены в табл. 2 [3, 4].

Основными источниками шума в период строительства аэровокзального комплекса являются краны, а также дорожная и автомобильная техника. По временным характеристикам шум в период строительства является непостоянным. Источники шума будут функционировать в дневное (7:00–23:00) и ночное (23:00–7:00) время. Измерения акустического воздействия производились в момент присутствия максимального количества строительной техники, находящейся в одновременной работе. Результаты измерений эквивалентных и максимальных уровней шума в 20 контрольных точках для дневного и ночного времени представлены на рис. 1 и рис. 2.

Из анализа графиков, представленных на рис. 1 и рис. 2 видно, что допустимые эквивалентные и максимальные уровни звукового давления будут превышены в четырёх точках 12–15 (табл. 1). Это означает, что в период строительства аэровокзального комплекса в дневное и ночное время сверхнормативному акустическому воздействию будет подвергаться жилая и производственная зона [5].

Предельно допустимые уровни звукового давления для периода эксплуатации аэровокзального комплекса приведены в табл. 3 [3, 4].

Таблица 1

Контрольные точки для оценки акустического воздействия

№	Тип точки	Характеристика точки
1	2	3
1	На границе жилой зоны	Сельское поселение
2	На границе жилой зоны	Сельское поселение
3	На границе жилой зоны	Сельское поселение
4	На границе жилой зоны	Сельское поселение
5	На границе жилой зоны	Сельское поселение
6	На границе жилой зоны	Сельское поселение
7	На границе жилой зоны	Сельское поселение
8	На границе жилой зоны	Сельское поселение
9	На границе жилой зоны	Посёлок городского типа
10	На границе жилой зоны	Садово-огородное товарищество
11	На границе жилой зоны	Садово-огородное товарищество
12	На границе жилой зоны	Садово-огородное товарищество
13	На границе жилой зоны	Садово-огородное товарищество
14	На границе жилой зоны	Садово-огородное товарищество
15	На границе производственной зоны	Северо-запад аэровокзального комплекса
16	На границе производственной зоны	Север аэровокзального комплекса
17	На границе производственной зоны	Восток аэровокзального комплекса
18	На границе производственной зоны	Восток аэровокзального комплекса
19	На границе производственной зоны	Восток аэровокзального комплекса
20	На границе производственной зоны	Юго-восток аэровокзального комплекса

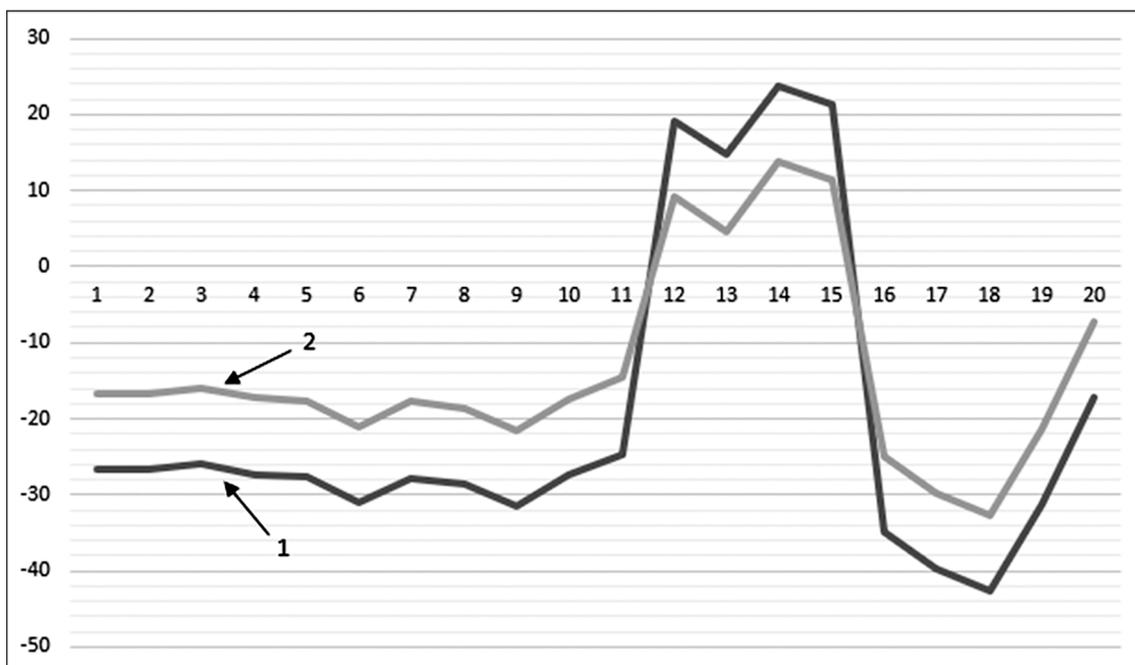


Рис. 1. Отклонения эквивалентных уровней звукового давления от нормы при строительстве аэровокзального комплекса, дБА:
1 – дневное время; 2 – ночное время

Таблица 2

Уровни звукового давления, уровни звука и максимальные уровни звука

Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука, дБА	Максимальные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам										
7:00-23:00	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
23:00-7:00	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
Жилые комнаты квартир										
7:00-23:00	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
23:00-7:00	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45

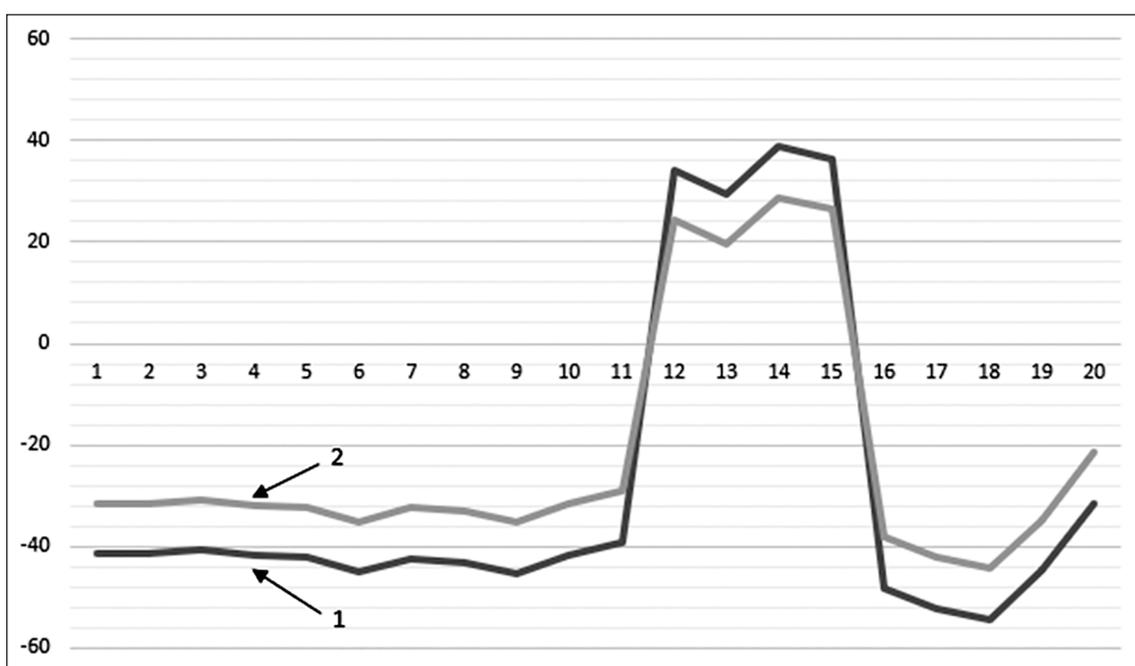


Рис. 2. Отклонения максимальных уровней звукового давления при строительстве аэровокзального комплекса, дБА:
1 – дневное время; 2 – ночное время

Таблица 3

Уровни звукового давления, уровни звука и максимальные уровни звука

Назначение территории	Время	Уровни звукового давления, дБА в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука, дБА	Макси- мальные уровни звука, дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Прилегающие к жилым домам	7:00-23:00	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	23:00-7:00	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

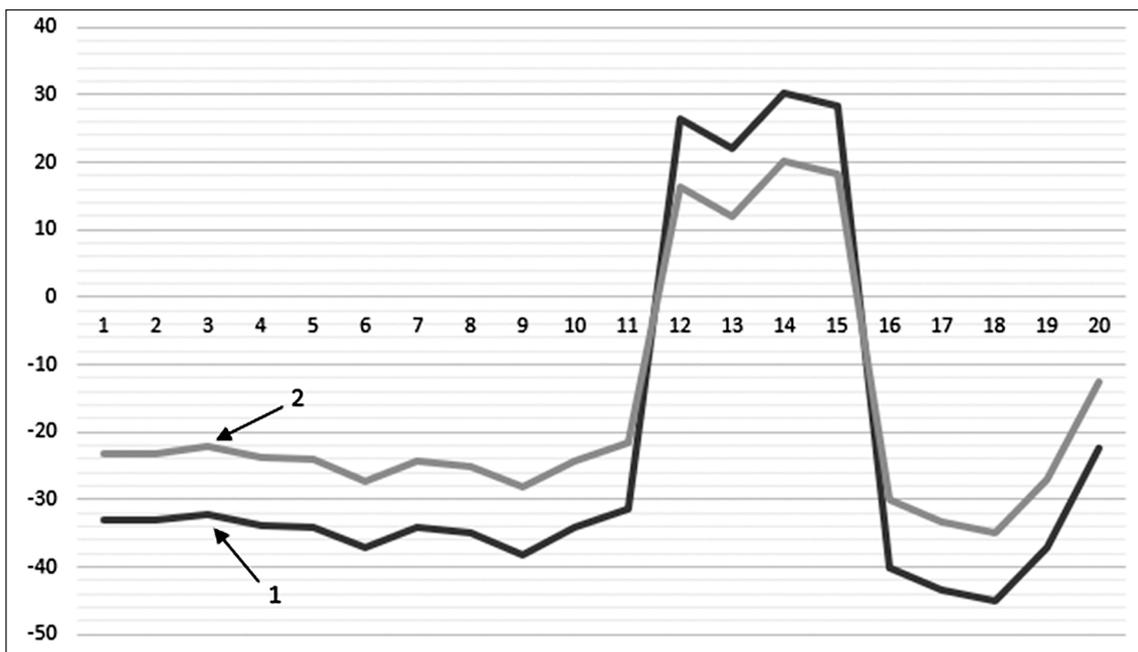


Рис. 3. Отклонения эквивалентных уровней звукового давления при эксплуатации аэровокзального комплекса, дБА:
1 – дневное время; 2 – ночное время

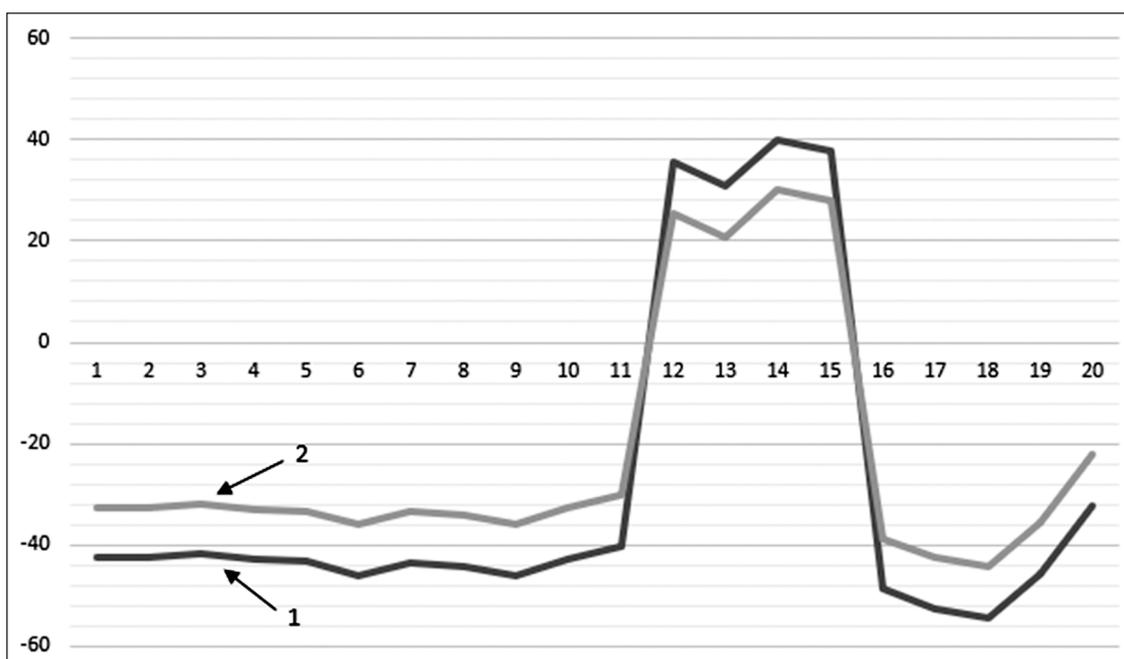


Рис. 4. Отклонения максимальных уровней звукового давления при эксплуатации аэровокзального комплекса, дБА:
1 – дневное время; 2 – ночное время

Основными источниками шума в период эксплуатации аэровокзального комплекса являются авиационные двигатели, вспомогательные силовые установки самолётов,

специальные машины аэродромного обслуживания различного назначения, а также станочное и производственное оборудование цехов и участков. По временным харак-

теристикам шум в период эксплуатации является непостоянным. Источники шума будут функционировать в дневное (7:00-23:00) и ночное (23:00-7:00) время. Расчёт акустического воздействия произведён исходя из максимального количества аэродромной техники, находящейся в одновременной работе. Результаты расчёта эквивалентных и максимальных уровней шума в 20 контрольных точках для дневного и ночного времени представлены на рис. 3, 4.

Из анализа графиков, представленных на рис. 3 и рис. 4 видно, что эквивалентные и максимальные уровни звукового давления будут превышены в четырёх точках 12–15 (табл. 1). Это означает, что в период эксплуатации аэровокзального комплекса сверхнормативному акустическому воздействию будет подвергаться жилая и производственная зона [5].

Выводы

1. Строительство и эксплуатация аэровокзального комплекса в дневное и ночное время в отдельных точках жилой и производственной зоны обуславливают превышение допустимых норм акустического воздействия, а значит требуют разработки и внедрения мероприятий по защите от шума.

2. Из результатов проведённого научно-исследования вытекает, что превышение дневных норм акустического воздействия при строительстве и эксплуатации аэровокзального комплекса на 15–20 % больше, чем ночных.

3. В качестве мероприятия, ограничивающего вредное воздействие шума, предлагается проводить строительные работы в зимний период (ноябрь–март), поскольку садово-огородная деятельность

в это время практически отсутствует, а объём пассажирских перевозок существенно сокращён.

4. В качестве мероприятия по внедрению рационального режима труда и отдыха предлагается большинство работ, выполняемых в ночное время, перенести на дневное, так как оно связано с большим количеством бодрствующего населения.

5. В случае применения данной техники и технологий выполнения основных видов строительного-монтажных работ по возведению объектов аэровокзального комплекса в дневное и ночное время, а также выполнения предлагаемых мероприятий по защите от шума никаких превышений требуемых уровней акустического воздействия на воздушную среду наблюдаться не будет.

Список литературы

1. Парахин А.М. Защита от шума и вибрации. Новосибирск: НГТУ, 2021. 65 с.

2. Мурзаев В.Л., Иванова И.А. Защита от шума и вибрации. Воронеж: ВГТУ, 2017. 90 с.

3. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с изменением № 1 от 06.11.2017). [Электронный ресурс]. URL: <https://gusn.mosreg.ru/deyatelnost/knd/gosudarstvennyy-stroitelnyy-nadzor/normativno-pravovye-akty-soderzhashie-obyazatelnye-trebovaniya/14-09-2018-12-52-28-sp-51-13330-2011-zashchita-ot-shuma-aktualizirovan?ysclid=ljtn1btd8755089999> (дата обращения: 08.07.2023).

4. Приказ Министра России от 16.12.2021 N 953/пр. «Об утверждении Изменения N 2 к СП 51.13330.2011 «СНиП 23-03-2003 Защита от шума». [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409850/ (дата обращения: 08.07.2023).

5. Методические указания МУК 4.3.3722–21 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях» (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403287707/?ysclid=ljtk024rmh857696101/> (дата обращения: 08.07.2023).

УДК 502.31:63
DOI 10.17513/use.38072

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Чернов В.И.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: vladmono95@mail.ru

В данной статье представлено описание современной структуры природопользования Красноярской котловины согласно классификации природопользования, разработанной в Институте географии Российской академии наук. Подробно рассматриваются промышленный и сельскохозяйственный типы природопользования. Сельскохозяйственный тип природопользования характеризуется типичными для пригородов крупных городов пашнями зерновых и технических культур, садами, тепличными хозяйствами, животноводческими фермами и птицефабриками. На долю пашни приходится 82 % всех сельскохозяйственных земель Красноярской котловины. Рассчитан коэффициент самообеспеченности основными продуктами питания с целью оценки продовольственной безопасности Красноярской котловины. Жители в полной мере обеспечены картофелем, зерном и яйцами и лишь на 9 % молочной продукцией, 25 % мясной продукцией, 29 % овощами и 77 % ягодами. Промышленный тип природопользования представлен крупными предприятиями цветной металлургии, машиностроения, химической промышленности 1–3 класса опасности в Красноярске и Железногорске. В пределах г. Красноярска около 73 % от стоимости обрабатывающей промышленности приходится на продукцию цветной металлургии (алюминий, золото, германий), что говорит о высокой зависимости экономики исследуемой территории от экологически грязных отраслей производства. В целях достижения продовольственной безопасности Красноярской котловины необходимо увеличение объемов производства молочной, мясной продукции и овощей.

Ключевые слова: природопользование, Красноярская котловина, сельское хозяйство, пашни, животноводство, промышленные предприятия, цветная металлургия, машиностроение

AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ON THE TERRITORY OF THE KRASNOYARSK BASIN

Chernov V.I.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: vladmono95@mail.ru

This article presents a description of the modern structure of nature management of the Krasnoyarsk basin according to the classification of nature management developed at the IG RAS. Industrial and agricultural types of environmental management are considered in detail. The agricultural type of nature management is characterized by arable land of grain and industrial crops, gardens, greenhouses, livestock farms and poultry farms typical for the suburbs of large cities. The share of arable land accounts for 82 % of all agricultural land in the Krasnoyarsk basin. The coefficient of self-sufficiency in basic foodstuffs was calculated in order to assess the food security of the Krasnoyarsk basin. Residents are fully provided with potatoes, grain and eggs and only 9 % milk, 25 % meat products, 29 % vegetables and 77 % berries. The industrial type of environmental management is represented by large enterprises of non-ferrous metallurgy, mechanical engineering, chemical industry of hazard class 1-3 in Krasnoyarsk and Zheleznogorsk cities. Within the city in Krasnoyarsk, about 73 % of the value of the manufacturing industry falls on non-ferrous metallurgy products (aluminum, gold, germanium), which indicates a high dependence of the economy of the studied territory on environmentally dirty industries. In order to achieve food security in the Krasnoyarsk basin, it is necessary to increase the production of milk, meat and vegetables.

Keywords: nature management, Krasnoyarsk basin, agriculture, arable land, animal husbandry, industrial enterprises, non-ferrous metallurgy, mechanical engineering

Природопользование является результатом взаимодействия природы и человека. На особенности природопользования влияют многие факторы: природно-климатические условия, наличие разнообразных природных ресурсов (минеральные, водные, лесные, земельные и т.д.), плотность населения, уровень развития общества, экономическая политика по отношению к данному региону, геополитическая обстановка и т.д.

Целью данной статьи является оценка современного состояния промышленного и сельскохозяйственного природопользования Красноярской котловины, рас-

положенной в центральной внутриконтинентальной части России на пересечении торговых путей Европы и Азии. В основу работы положены: фактический материал впервые проанализированных статистических данных по объектам сельскохозяйственной микропереписи за 2021 г.; аналитическое обозрение социально-экономического положения г. Красноярска за 2022 г. и классификация природопользования, разработанная в Институте географии РАН Т.Г. Руновой, Т.Г. Нефедовой и И.Н. Волковой [1], учитывающая как природные, так и экономические факторы.

Материалы и методы исследования

В Российской Федерации используется несколько основных классификаций природопользования, разработанных еще в советское время, в 1970-х – 1980-х гг.: типологическая классификация, созданная литовским географом А.Б. Басаликасом в 1977 г. на основе характера хозяйственной деятельности человека, отраслей экономики; классификация антропогенных ландшафтов Ф.Н. Милькова – 1973 г.; классификация природопользования В.С. Преображенского, созданная в 1985 г. на основе характера отношений к природным ресурсам; классификация природопользования К.В. Зворыкина 1993 г., основанная на учете формы владения естественными ресурсами природной среды территории и классификация природопользования, разработанная в Институте географии РАН Т.Г. Руновой, И.Н. Волковой и Т.Г. Нефедовой [1]. Также существуют классификации природопользования по отраслям народного хозяйства, по этнокультурному признаку коренного и пришлого этноса, по географическому признаку и особенностям рельефа, по историческому признаку и по характеру использования природных ресурсов [2, с. 14].

Классификация природопользования Т.Г. Руновой, И.Н. Волковой, и Т.Г. Нефедовой основана на выделении фонового вида природопользования, тесно связанного с природной средой и зональными особенностями ландшафтов; очагового и крупноочагового вида, связанного с интенсивным освоением природных ресурсов и мощным негативным воздействием на окружающую среду; дисперсного, базирующегося на хозяйственной деятельности человека, целью которой является использование и сохранение окружающей природной среды в первозданном виде (туризм и охрана природы) [3, с. 25]. Очаговый и крупноочаговый виды природопользования отличаются друг от друга масштабами использования и переработки природных ресурсов, степенью деградации и преобразования компонентов окружающей среды.

Для рассмотрения современной структуры природопользования была использована классификация природопользования Т.Г. Руновой, И.Н. Волковой, Т.Г. Нефедовой [3], так как данная классификация включает в себя типы природопользования, тесно связанные как с природно-климатическими и ландшафтными особенностями, так и с масштабным очаговым освоением

различных видов природных ресурсов, высокой степенью концентрации населения и промышленного производства.

При написании данной статьи использовались статистические данные с сайта «Росстата» и «Управления Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республики Хакасия и Тывы» [4, 5]. Производство продукции животноводства на душу населения и коэффициент самообеспеченности продовольствием были рассчитаны в программе Microsoft Excel.

В пределах Красноярской котловины присутствуют типы природопользования, связанные с фоновым, крупноочаговым и дисперсным видами. В рамках данной статьи автор остановился на промышленном и сельскохозяйственном типах природопользования.

Результаты исследования и их обсуждение

Красноярская котловина является котловиной открытого типа и расположена на стыке Западно-Сибирской равнины, Среднесибирского плоскогорья и Восточного Саяна в среднем течении р. Енисей [6] (рисунок). Данная территория характеризуется резко континентальным климатом с продолжительной морозной зимой и коротким теплым, иногда жарким летом. Средняя температура января составляет от -15 до -18 °С, а июля – $+18$ – 19 °С, среднегодовая температура 1 °С в центральной части котловины и $-0,7$ °С в предгорьях Восточного Саяна [7, с. 46]. Гидрографическая сеть представлена р. Енисей с наиболее крупными притоками – малыми реками: Кача, Березовка, Есауловка, Бузим, Базаиха и Мана. В структуре почвенного покрова доминируют выщелоченные и обыкновенные черноземы под лугово-степной растительностью и пашнями, серые лесные и дерново-подзолистые почвы под мелколиственными осиново-березовыми и подтаежными березово-сосновыми лесами [8].

Фоновый вид природопользования представлен сельскохозяйственным и лесохозяйственным типом. Общая площадь сельскохозяйственных земель – 162,4 тыс. га (на 2021 г.), из них 134,5 га приходится на пашни, 4,5 тыс. га составляют залежи, 0,3 тыс. га многолетних насаждений, 4 тыс. га сенокосов и 6,3 тыс. га пастбищ [5]. В структуре сельскохозяйственных угодий доминируют пашни (82,8%), далее идут пастбища (3,87%), залежи (2,77%) и сенокосы (2,46%).



Картосхема расположения Красноярской котловины и административно-территориальных единиц. Цифрами обозначены: 1 – городской округ (далее – ГО) Красноярск; 2 – закрытое административно-территориальное образование (далее – ЗАТО) Железногорск; 3 – ГО Сосновоборск; 4 – ГО Дивногорск (составлено И.А. Вайсбротом)

Таблица 1

Посевные площади сельскохозяйственных культур в муниципальных районах Красноярской котловины, в га, 2021 г. [4]

Муниципальные образования	Зерновые и зернобобовые культуры	Технические культуры	Кормовые культуры	Картофель	Овощи	Плоды и ягоды
Берёзовский район	3557	–	3869,7	3534,34	948,73	272,61
Емельяновский район	19352,28	2307,01	6127	4190,56	634,53	1074,1
Сухобузимский район	30884,21	11071	11102,59	1319,31	120,01	38,98
Манский район	3739	822	5442,6	881,3	127,02	77,21
ГО Красноярск	–	1,01	–	621,16	321,04	533,2
ГО Дивногорск	–	–	–	347,03	111,79	149,37
ГО Сосновоборск	–	–	–	80,3	10,62	13,31
Всего посевных площадей	57532,49	14201,02	26541,89	10974	2273,74	2158,78

Сельское хозяйство представлено выращиванием зерновых и технических культур (пшеница, ячмень, овес, рапс, соя), овощей, плодов и ягод (табл. 1). Из отраслей животноводства наиболее развито птицеводство и свиноводство.

Сельское хозяйство Красноярской котловины представлено 74 сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями (171 ед.), 42733 личными подсобными хозяйствами граждан [5].

В пределах Красноярской котловины расположены четыре административных района и территории городских округов (рисунок). Березовский район специализируется на выращивании овощной продукции (капуста, картофель, огурцы, помидоры, свекла и т.д.), Емельяновский и Сухобузимский районы, находящиеся на левом берегу р. Енисей в лесостепной части Красноярской котловины, специализируются на выращивании зерновых и зернобобовых культур. Производство плодов и ягод сконцентрировано в хозяйствах населения Красноярска, Дивногорска, Сосновоборска, Железногорска, в Березовском и Емельяновском районах.

Для оценки уровня обеспеченности жителей Красноярской агломерации продуктами питания был произведен расчет коэффициента самообеспеченности основных продовольственных сельскохозяйственных культур растениеводства (зерновые, овощи, картофель, ягоды, фрукты) и животноводства (яйца, молоко, мясо). Расчет продовольственной самообеспеченности Красноярской котловины производился по следующей формуле:

$$K_c = q / (n \times q_p),$$

где q – фактический объем производства сельскохозяйственной культуры в пределах Красноярской котловины, n – численность населения Красноярской котловины, q_p – рациональные нормы потребления [9].

Численность населения Красноярской котловины на 2021 г. составила 1394953 чел. Информация о нормах потребления продуктов питания на человека в год была взята из Приказа Министерства здравоохранения от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» [10]. Данные об общем сборе сельскохозяйственных культур, рациональные нормы потребления на человека в год и коэффициент самообеспеченности представлены в табл. 2.

Красноярская агломерация обеспечивает собственные потребности в зерне, картофеле и отправляет часть продукции на экспорт в другие субъекты РФ и страны Центральной и Восточной Азии. Допустимый уровень самообеспеченности (коэффициент K_c составляет от 0,5 до 0,8) зафиксирован по помидорам, ягодам и моркови столовой, низкий уровень самообеспеченности (коэффициент K_c составляет меньше 0,5) наблюдается по овощным, бахчевым культурам в целом и косточковым культурам. Следовательно, для более полного обеспечения жителей Красноярской агломерации продуктами питания собственного производства необходимо увеличить количество овощеводческих хозяйств, в которых можно получить стабильные урожаи в течение всего года (овощеводство закрытого типа).

Таблица 2

Валовой сбор сельскохозяйственных культур и самообеспеченность ими жителей Красноярской котловины, данные за 2021 г. [4]

Сельскохозяйственная культура	Валовой сбор, ц	Валовой сбор на душу населения, кг	Рациональная норма потребления, кг/чел./год	Коэффициент самообеспеченности
Зерновые и зернобобовые культуры	1451389,46	104,05	96	1,08
Овощи	584257,83	41,88	140	0,29
Капуста	154950,54	11,11	40	0,27
Огурцы	45851,10	3,29	10	0,32
Помидоры	87827,7	6,3	10	0,62
Свекла столовая	63654,33	4,56	18	0,25
Морковь столовая	141155,02	10,12	17	0,59
Лук репчатый	23717,1	1,70	10	0,17
Картофель	1903951,62	136,48	90	1,51
Ягоды	75949	5,44	7	0,77
Косточковые (слива, вишня, черешня)	9761,26	0,7	8	0,08

Таблица 3

Производство продукции животноводства
в муниципальных образованиях Красноярской котловины в 2021 г. [4]

	Молоко, т	Яйца, тыс. шт.	Шерсть, т	Мед, т	Скот и птица на убой, т
Березовский район	4540	242584	1	15	3122
Емельяновский район	15599	343653	6	66	1266
Сухобузимский район	11147	2311	2	22	19453
Манский район	9718	1647	2	15	1448
г. Красноярск	185	740	–	–	254
г. Дивногорск	139	221	–	–	43
г. Сосновоборск	521	292	–	–	169
Итого: произведенной продукции	41848	591448	11	118	25755
Коэффициент самообеспеченности	0,09	1,63	–	–	0,25

Сельское хозяйство на территории Красноярской котловины является пригородным высокоинтенсивным с высокой долей молочно-мясного скотоводства, овощеводства, картофелеводства, свиноводства и птицеводства [11].

Поголовье коров на данной территории (в 2021 г.) составляло 9728 особей, крупного рогатого скота – 20960 особей, свиней – 69745, овец и коз – 6510, птицы – 3244699, лошадей – 998, пчелосемей – 3999. В табл. 3 представлены данные о производстве основных продуктов животноводства на территории Красноярской котловины.

Животноводческая отрасль Красноярской котловины полностью обеспечивает потребности населения лишь в яйцах. Обеспеченность населения молоком и мясом всех типов (свинина, говядина) является низкой (коэффициент самообеспеченности составляет менее 0,5). Необходимо увеличить поголовье молочно-мясного скота и количество предприятий молоко- и мясоперерабатывающей отрасли.

Согласно проведенным расчетам и статистическим данным, сельское хозяйство на территории Красноярской котловины является пригородным высокоинтенсивным с высокой долей молочно-мясного скотоводства, овощеводства, картофелеводства, свиноводства и птицеводства [11].

Промышленный тип природопользования на исследуемой территории представлен промышленными предприятиями I–IV класса опасности цветной металлургии («РУСАЛ Красноярск», ОАО «Красноярский завод цветных металлов им. В.Н. Гулидова», «Красноярский металлургический

завод» в г. Красноярске), машиностроения (АО «Красноярский машиностроительный завод», ОАО «Красноярский завод холодильников «Бирюса», АО «НПП «Радиосвязь» в г. Красноярске, АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева в ЗАТО Железногорск), химической (Красноярский завод синтетического каучука, ПАО «Химикометаллургический завод» в г. Красноярске, ФГУП «Горно-химический комбинат» в ЗАТО Железногорск, ЗАО «Техполимер» в г. Дивногорск), деревообрабатывающей («Красфан». Фанерный комбинат в г. Сосновоборске, Деревообрабатывающая компания «Енисей» в Березовском районе) [12], строительных материалов (ООО «Красноярский цемент», ООО «Комбинат Волна» в г. Красноярске, ОАО «Бетон», ООО «Зыковский кирпичный завод» в Березовском районе), фармацевтики («ПАО Красфарма» в г. Красноярске) и пищевой промышленности (АО «Кондитерско-макаронная фабрика «Краскон» в г. Красноярске, ООО «ДиХлеб» в г. Дивногорск, ООО «Делси-С» в г. Сосновоборск) [13].

Продукция предприятий цветной металлургии составляет около 73 % от общего объема продукции обрабатывающей промышленности г. Красноярска, производство машин и оборудования – 5,8 %, производство продуктов питания и напитков – 5,9 %, продукция химической промышленности – 3 %, неметаллические минеральные изделия – 2,5 %, электронное оборудование – 2 %, автотранспортные средства – 1,8 % [14, с. 504]. Общая площадь земель промышленного назначения составляет 16299,87 га,

из них 7396,21 га расположены в г. Красноярске, 2482,37 га в Емельяновском районе, 1351,8 га в г. Железногорске, 607,2 га в г. Сосновоборске, 160,13 га в г. Дивногорске, 1019,96 га в Березовском районе.

В общей стоимости объема отгруженных товаров собственного производства г. Красноярска за первое полугодие 2022 г. около 4% приходилось на добычу полезных ископаемых; 83,2% на обрабатывающие производства; 10,95% на обеспечение электрической энергии, газом и водой [4, 15]; на водоснабжение и утилизацию отходов приходилось около 1,9%. В ЗАТО Железногорск градообразующие предприятия (ФГУП «Горно-химический комбинат» и АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева») давали около 81,3% от всей стоимости продукции собственного производства (41,05 млрд руб.). Таким образом, в структуре промышленности Красноярской котловины доминируют обрабатывающие производства с преобладанием цветной металлургии и машиностроения.

Заключение

Расположение Красноярской котловины в подтаежной и лесостепной зонах с черноземными почвами способствует развитию сельскохозяйственного типа природопользования. По зерновым культурам, картофелю и яйцам наблюдается полная обеспеченность населения. Зависимость от импортной продукции по овощам, фруктам, ягодам, молоку и мясу связана с дефицитом собственного производства. В ближайшей перспективе необходимо увеличить производство молока, мяса и овощей.

Выгодное экономико-географическое положение Красноярской агломерации на пересечении транспортных магистралей и наличие богатых запасов минеральных и лесных ресурсов на территории Енисейской Сибири благоприятно сказываются на объемах производства различных отраслей промышленности (цветная металлургия, химическая промышленность, машиностроение, строительные материалы, электроэнергия и т.д.). В целях диверсификации промышленности Красноярской агломерации требуется расширение выпуска продукции машиностроительной отрасли.

Список литературы

1. Стурман В.И. К географическому анализу и количественной характеристике природопользования // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2011. Вып. 1. С. 47–55.
2. Рациональное природопользование: теория, практика, образование / Под общ. ред. проф. М.В. Слипенчука. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 264 с.
3. Рунова Т.Г., Волкова И.Н., Нефедова Т.Г. Территориальная организация природопользования. М.: Наука, 1993. 209 с.
4. База данных показателей муниципальных образований. Красноярский край // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://gks.ru/dbscripts/munst/munst04/DBInet.cgi> (дата обращения: 12.02.2023).
5. Сельскохозяйственная микроперепись 2021 года // Управление Федеральной Службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республики Хакасия и Тыва. URL: <https://24.rosstat.gov.ru/folder/98353> (дата обращения: 31.01.2023).
6. Геологический очерк окрестностей г. Красноярска // Музей геологии Средней Сибири. [Электронный ресурс]. URL: <https://museum.krasfond.ru/> (дата обращения: 15.02.2023).
7. Швер Ц.А. Климат Красноярска. Л.: Гидрометеоздат, 1982. 231 с.
8. Почвенная карта России // Информационная система. Почвенно-географическая база данных России [Электронный ресурс]. URL: <https://soil-db.ru/map> (дата обращения: 25.12.2022).
9. Антамошкина Е.Н. Комплексная методика оценки региональной продовольственной безопасности // Агропродовольственная экономика. 2016. № 1. URL: <http://apej.ru/article/01-01-16> (дата обращения: 02.05.2023).
10. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» / Гарант. Информационно-правовой портал. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (дата обращения: 15.01.2023).
11. Роговская Н.В. Сельскохозяйственное производство и продовольственная безопасность в регионах Сибири // Наукоедение. 2014. № 3. С. 1–21.
12. Внесения изменений в Схему территориального планирования Красноярской агломерации / Красноярский край. Министерство строительства. [Электронный ресурс]. URL: <http://minstroy.krskstate.ru/graddoc/terrplan/0/id/34342> (дата обращения: 19.01.2023).
13. Чернов В.И. Формирование современной системы природопользования Красноярской котловины: сборник материалов участников XVII Большого географического фестиваля, посвященного 195-летию российского кругосветного путешествия Ф.П. Литке. СПб., 2021. С. 835–839.
14. Ефимов В.С., Сарченко В.И., Лаптева А.В., Шишачкин Н.Г., Ефимов А.В., Брюханова Е.А. Город – идея и практика. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. 528 с.
15. Аналитическое обозрение за январь – декабрь 2022 года // Красноярск. Администрация города. Социально-экономическое положение города [Электронный ресурс]. URL: http://www.admkrsk.ru/citytoday/economics/social_situation/Pages/default.aspx (дата обращения: 06.07.2023).

УДК 911.2
DOI 10.17513/use.38073

ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

Янцер О.В.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», Екатеринбург,
e-mail: ksenia_yantser@bk.ru

Представлено исследование особенностей сезонной динамики растений в г. Екатеринбурге, выступающих индикаторами климатических изменений. Исследование сезонного развития антропогенных комплексов выступает важной составляющей характеристики динамических состояний современных ландшафтов. В качестве материалов исследования выступили многолетние ряды значений температур приземного воздуха и количества атмосферных осадков для метеостанции, а также данные сайта Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации Мирового центра данных. В ходе статистической обработки материалов были проанализированы средняя многолетняя дата наступления явления по городу, дисперсия, стандартное отклонение (ошибка) среднего значения и крайние даты регистрации явления. Временные ряды оценивались с помощью линейного тренд-анализа, характеризующего изменения климата с выбранным разрешением и представляющего тенденцию изменения показателя в виде прямой линии. Исследованы термический режим и сумма атмосферных осадков в г. Екатеринбурге на основе наблюдений за гидрометеорологическими параметрами за период с 1890 по 2020 г. Отражена корреляция данных характеристик с сезонными явлениями, которые выступают феноиндикаторами, свидетельствующими о наступлении определенного периода в годичном цикле природы. В ходе исследования выявлены разнонаправленные тренды и тенденции относительно сроков наступления фенологических явлений вегетационного периода, что имеет практическое значение для развития антропогенных комплексов.

Ключевые слова: климат, сезонная динамика, биота, Екатеринбург

THE MAIN TRENDS OF SEASONAL VEGETATION DYNAMICS IN YEKATERINBURG IN CONNECTION WITH CLIMATIC CHANGES

Yantser O.V.

Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, e-mail: ksenia_yantser@bk.ru

A study of the features of seasonal dynamics of plants in Yekaterinburg, acting as indicators of climate change, is presented. The study of the seasonal development of anthropogenic complexes is an important component of the characteristics of the dynamic states of modern landscapes. The materials of the study were long-term series of values of surface air temperatures and precipitation for the weather station, as well as data from the website of the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information of the World Data Center. In the course of statistical processing of materials, the average long-term date of occurrence of the phenomenon in the city, variance, standard deviation (error) of the average value and the extreme dates of registration of the phenomenon were analyzed. The time series were estimated using a linear trend analysis characterizing climate changes with the selected resolution and representing the trend of the indicator in the form of a straight line. The thermal regime and the amount of atmospheric precipitation in Yekaterinburg are studied on the basis of observations of hydrometeorological parameters for the period 1890-2020. The correlation of these characteristics with seasonal phenomena is reflected, which serve as phenomenological indicators indicating the onset of a certain period in the annual cycle of nature. The study revealed multidirectional trends and trends regarding the timing of the onset of phenological phenomena of the growing season, which is of practical importance for the development of anthropogenic complexes.

Keywords: climate, seasonal dynamics, biota, Yekaterinburg

В связи с наблюдаемыми изменениями последнего столетия и их негативными последствиями выполнено множество исследований, посвященных изучению разномасштабных климатических процессов и оценкам сценариев изменения климата [1]. Одним из актуальных направлений исследований последних лет стали долгосрочные наблюдения по фенологическим программам и выявление реакции растений на колебания климата. Их результаты нередко индицируют наблюдаемые тенденции в современном потеплении климата. Одна-

ко тенденция более раннего наступления весенних фенологических явлений, фиксируемая вслед за повышением температуры среды, свойственна не всем видам и природным комплексам [2–4]. На урбанизированных территориях отклики биоты могут иметь свои тенденции и тренды.

Во Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата (2014) отражен неоднородный характер глобального потепления в XX в., выделены периоды волн потеплений с 1910 по 1945 г., с 1976 г. по настоящее время и слабого по-

холодания – с 1946 по 1975 г. Одним из самых физиономичных элементов, реагирующих на изменения, служит растительность, которая быстро адаптируется к условиям и процессам, характеризуется наглядными параметрами и выполняет функцию индикатора динамических изменений [5–7]. Количественные фенологические показатели характеризуются непрерывностью и постепенностью изменяющихся параметров. Границы естественных сезонов и их подразделений определяются по ярким, хорошо заметным сезонным явлениям – феноиндикаторам, которые своим появлением свидетельствуют о наступлении определенного этапа в годичном цикле природы. Индикаторная сущность этих явлений сохраняется практически во всех природных зонах умеренного пояса.

Без исследования сезонного развития антропогенных комплексов характеристика динамических состояний современных ландшафтов будет неполной. Городская среда включает природные, архитектурно-планировочные, экологические, социально-культурные условия обитания жителей, она интенсивно преобразуется, неоднородна и дифференцирована. Несмотря на контролирование человеком вещественно-энергетических потоков, город не может быть изолирован от воздействия природных процессов. Городской ландшафт неотделим от природного, и их совместное рассмотрение присуще урбогеосистемной концепции, которая впервые была обоснована Н.В. Фирсовой [8]. Городские растительные сообщества отличаются от природных бедностью флористического состава. Ботанические сады, скверы, дендрарии, аллеи, лесные парки городских окраин, как и природные комплексы, характеризуются разными сезонными состояниями. Однако ход динамики процессов в урбанизированной среде отличается, поскольку кроме географических факторов на развитие растительности оказывают влияние застройка, утепляющее воздействие построек и коммуникаций, особые режимы ветра, влажности и освещенности. Целью исследования послужило изучение трендов сезонной динамики растений в г. Екатеринбурге как индикаторов климатических изменений.

Материалы и методы исследования

Согласно схеме физико-географического районирования, предложенной В.И. Прокаевым [7], Екатеринбург расположен в границах таежной области Исетско-Лялинской

провинции восточных предгорий Среднего Урала. Территория характеризуется высокой плотностью населения и антропогенной нагрузкой на природные комплексы.

Исходными материалами исследования послужили многолетние ряды значений температур приземного воздуха и количества атмосферных осадков для метеостанции, данные сайта Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации Мирового центра данных (ВНИИГ-МИ–МЦД). Для Екатеринбурга имеются 130-летние ряды наблюдений за гидрометеорологическими параметрами за период с 1890 по 2020 г. Все процедуры расчета и анализа были выполнены с использованием ПО Excel и Statistica 10.0. метеоданные. Для анализа изменения температуры приземного воздуха и количества атмосферных осадков для большинства метеорологических станций Урала в качестве современного был принят последний 30-летний ряд данных с 1991 по 2020 г. По рекомендации Всемирной метеорологической организации (ВМО) для оценки метеорологических показателей, характеризующих текущий или современный климат, используются базовые периоды продолжительностью в 30 лет. В настоящее время средние показатели базового периода 1961–1990 гг. называют климатической нормой.

В работе собраны данные по программам УОЛЕ, фенологической комиссии Всесоюзного географического общества, Русского географического общества, локализованные в Фенологическом центре БИН РАН им. В.Л. Комарова и собственных наблюдений автора. Фенологические наблюдения в Екатеринбурге ведутся с конца XIX в. Количество наблюдаемых объектов и явлений за период исследования варьировало в зависимости от программ и наличия наблюдателей. Так, в архивных документах чаще встречались записи по началу пыления ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench), осины (*Populus tremula* L.), цветения мать-и-мачехи (*Tussilago*), сокодвижения и зеленения березы (*Betula pubescens*, *Betula pendula* Roth.) и черемухи обыкновенной (*Padus avium* Mill.), цветения черемухи обыкновенной, липы (*Tilia cordata*), цветения рябины (*Sorbus aucuparia*), шиповника (*Rosa canina*), брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.), иван-чая узколистного (*Chamaenerion*); созреванию плодов рябины обыкновенной, шиповника, черники (*Vaccinium myrtillus*), началу

пожелтения березы, массовому пожелтению листьев березы, осины и липы, хвои лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.), началу и концу массового листопада у берез, осины, липы. В разное время наблюдениями были охвачены северо-западные, северо-восточные, центральные и южные районы города и его окрестностей, поэтому для относительных периодов потепления и похолодания полнота представленности дат наступления ключевых явлений живой природы различна. Более кондиционные данные проанализированы по началу сокодвижения и зеленения березы, цветения мать-и-мачехи, черемухи обыкновенной, брусники, иван-чая узколистного, рябины, шиповника; по созреванию плодов черники, началу пожелтения, началу и концу массового листопада у березы.

Многолетние ряды фенологических наблюдений накоплены классическим методом, который по классификации В.А. Батманова называется первичным методом группы регистраторов срока [9]. Его суть заключается в регистрации даты наступления какого-либо явления на определенной территории. Затем материал был проанализирован на дефектность. Даты, отклонения которых составили более ± 3 суток от средних и явно аномальные, были исключены из базы данных. При статистической обработке материалов оценены следующие параметры: средняя многолетняя дата наступления явления по городу (X ср.), дисперсия (σ^2), стандартное отклонение (ошибка) среднего значения (σ) и крайние даты регистрации явления. При допустимом в фенологических исследованиях 5%-ном уровне значимости, оцениваемом по критерию Стьюдента ($P = 0,95$), принималось, что значения среднегодовых фенодат достоверны в интервале X ср. $\pm 2 \sigma$. Для оценки временных рядов применен линейный тренд-анализ, который позволяет характеризовать многолетние изменения климата с выбранным разрешением и представить тенденцию изменения показателя в виде прямой линии. Оценка тренда проводилась методом наименьших квадратов, т.е. находилась линейная функция времени: $d^*(t) = At + B$, которая наилучшим образом аппроксимирует временной ряд $\{d(t)\}$. Здесь $d(t)$ – дата (сутки в календарном году) сезонного явления в t -й год (t – год наблюдения). Значение коэффициента A дает среднюю скорость изменения рассматриваемой характеристики (сут/10 лет) на исследуемом отрезке времени [3]. Анализи-

ровался такой параметр линейного тренда, как коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), характеризующий тенденцию (среднюю скорость) изменений анализируемой величины (относительной аномалии) на заданном отрезке времени. Величиной коэффициента детерминации R^2 оценивался вклад линейного тренда в общую изменчивость показателя. Уровень статистической значимости тренда определялся с помощью t -критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

В целом для территории Екатеринбурга наблюдается увеличение значений среднегодовой температуры приземного воздуха по сравнению с базовым периодом на $+0,8$ °С. Анализ временных изменений среднегодовой температуры воздуха, сглаженных по 11-летиям, показал, что за весь исследуемый период времени на изучаемой территории КНЛТ составляет $0,20$ – $0,29$ °С/10лет. КНЛТ в центральные месяцы сезонов года минимален в апреле – $0,20$ °С/10 лет. Наибольшие значения угловых коэффициентов наблюдаются осенью, достигая $0,36$ °С/10лет, при R^2 от $0,5$ до $0,7$. Повышение среднегодовой температуры приземного слоя воздуха относительно значений базового периода произошло в основном за счет увеличения среднемесячных температур января, февраля и октября на $+0,6$... $+2,7$ °С, рост средних температур апреля, сентября и ноября в Екатеринбурге выражен слабо.

Наряду с термическим режимом важным метеорологическим показателем служит сумма атмосферных осадков, выпавших за определенный период времени. Для территории характерно увеличение годового количества атмосферных осадков на 3–9% относительно климатической нормы. Положительные изменения количества осадков в среднем наблюдаются на протяжении декабря – мая, а с июня по ноябрь отмечается тенденция к уменьшению. Для установления современных параметров изменения суммы осадков данные были приведены к единому временному ряду 1981–2020 ($n = 40$) и осреднены 11-летним скользящим сглаживанием. Абсолютная величина угловых коэффициентов за весь период наблюдений составила $97,3$ мм/10 лет, коэффициент достоверности аппроксимации $R^2 = 0,7$, в период с 1981 по 2020 г. наблюдается тенденция к увеличению суммы годовых осадков – $11,5$ мм/10 лет при $R^2 = 0,20$.

Тренды сезонных явлений в г. Екатеринбурге
по периодам потеплений и похолоданий в XX–XXI вв.

Явление	1910–1945 гг.		1946–1975 гг.		1976–2020 гг.	
	Уравнение	R ²	Уравнение	R ²	Уравнение	R ²
Начало сокодвижения у берез	$-0,0533x + 49,879$	0,01	–	–	$-0,1311x + 50,608$	0,23
Начало цветения мать-и-мачехи	–	–	$371,59x + 35717$	0,22	$-5,747x + 42385$	0,13
Начало зеленения берез	$-0,7765x + 88,827$	0,07	$-0,0135x + 74,889$	0,01	$-0,1194x + 75,059$	0,26
Начало цветения черемухи	$71,339x + 42490$	0,57	$-0,1853x + 80,181$	0,19	$-0,0793x + 74,439$	0,15
Начало цветения рябины	$-0,0963x + 79,599$	0,05	$-0,1147x + 78,969$	0,04	$0,0706x + 74,713$	0,04
Начало цветения шиповника	–	–	$-0,0856x + 99,062$	0,08	$-0,164x + 99,043$	0,17
Начало цветения брусники	$0,623x + 80,436$	0,27	–	–	–	–
Начало цветения иван-чая	$-0,2061x + 82,208$	0,03	–	–	–	–
Начало созревания черники	$-0,21x + 82,12$	0,03	–	–	–	–
Начало пожелтения берез	–	–	$-0,7803x + 183,92$	0,67	$-0,8242x + 153,92$	0,74
Начало заметного листопада у берез					$-3,431x + 42997$	0,12
Конец массового листопада у берез	–	–	–	–	$1,256x + 217,52$	0,50

По месяцам выявлены разнонаправленные изменения: значительное увеличение количества осадков наблюдается в марте до 59%, уменьшение характерно для октября. Положительные изменения количества осадков наблюдаются с декабря по май, а с июня по ноябрь отмечается тенденция к уменьшению.

Вегетационный период характеризуется наибольшим напряжением и временной изменчивостью процессов в биоте. Устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через +5 °C сопряжен с пробуждением органической природы. Он индицируется началом сокодвижения, цветением мать-и-мачехи и началом зеленения березы (таблица). Многолетняя динамика сроков наступления данных фенофаз зачастую дает возможность оценить тенденции изменения термических условий весны.

Однако для изучаемой территории по начальным фазам развития березы практически в отдельные временные отрезки относительных потеплений и похолодания выявлена лишь тенденция к более раннему наступлению при R² = 0,01–0,26 со средними скоростями изменений сроков -0,5–2,1 сут/10 лет. В разных районах города даты наступления зеленения березы отличаются: фронт явления наступает с юга и юго-востока на север и северо-запад. Начало цветения мать-и-мачехи в период похолодания имеет тенденцию к запаздыванию, кото-

рая сменяется тенденцией к более раннему наступлению феноявления в последующий период потепления с 1976 г. Зацветание черемухи тесно коррелирует с переходом среднесуточных температур через значения +10 и +12 °C и сигнализирует о разгаре весны. Коэффициент корреляции явления с переходными температурами +10 °C и +12 °C выше, чем у других весенних явлений, и составляет 0,93 и 0,86 соответственно. Разница между средними датами наступления зеленения березы и цветения черемухи составляет 5–7 суток, коэффициент корреляции между сроками явлений составляет 0,67. В период потепления в начале века черемуха в городе зацвела позже, положительный тренд обоснован статистически при R² = 0,57. С 1946 по 2020 г. выявлена тенденция к ее более раннему зацветанию, синхронная с климатическими изменениями. Средние скорости изменений сроков зацветания черемухи обыкновенной составляют от -1,5 до 3,0 сут/10 лет.

Переход температуры через +14 °C совпадает с окончанием весны, переходит к летним значениям в первой декаде июня и проявляется началом цветения шиповника и рябины. У шиповника наблюдается тенденция к более раннему наступлению цветения с 1946 по 2020 г., сроки начала цветения рябины в период относительного похолодания имеют тенденцию к опережению, а в период потепления с 1976 г. – сла-

бую тенденцию к запаздыванию. Термический рубеж в +17 °С обуславливает наступление наиболее типичных летних событий в органической природе на большей части изучаемой территории. Средняя многолетняя дата перехода – 24 июня. Зацветают иван-чай, брусника, к концу периода поспевают черника. Материалы по данным явлениям фрагментарны, более кондиционными служат данные за период с 1910 по 1945 г. В этот период относительного потепления цветение иван-чая и созревание ягод черники имело синхронную тенденцию к более раннему наступлению, а начало цветения брусники имеет устойчивый положительный тренд.

Начало осени физиономично отражают начало пожелтения листьев березы, начало заметного листопада у берез, а завершение вегетации – конец массового листопада. Начало пожелтения в течение последних 70 лет имеет отрицательный тренд и более раннее наступление, сигнализируя о сдвиге фенологической границы начала сезона. Конец массового листопада становится более растянут во времени и отражает тенденцию к более позднему завершению вегетации вида.

Заключение

В условиях г. Екатеринбурга в XX–XXI вв. выявлен рост температуры воздуха и тенденция к увеличению количества атмосферных осадков. Анализ накопленного фенологического материала позволил выявить разнонаправленные тренды и тенденции в сроках наступления фенологических явлений вегетационного периода. Тенденции к более раннему наступлению весны и осени, вероятно, стали реакцией древесных и кустарниковых видов – феноиндикаторов на общие климатические изменения. Исследование позволило сделать вывод о том, что фенология травянистых и кустарниковых видов в большей степени определяется микроклиматическими условиями произрастания. Сезонное развитие отдельных доминантных видов кустарников и деревьев также не всегда синхронно отражает общую направленность и быстрый отклик на изменение климатических условий города. Вероятно, это связано с особенностями городской застройки и определяемыми ей ветровым, соляричным режимом, воздействием водоемов в черте города и на его окраинах, а также с различными адаптационными

механизмами отдельных видов растений в условиях региональных климатических трансформаций.

Изучение сдвигов границ сезонов имеет практическое значение, поскольку сроки пыления, зацветания видов растений важно знать жителям любых местностей, подверженным аллергическим реакциям. Исследование трендов сезонной динамики растительности важно для организации озеленения и лесоустроительных работ в условиях городской среды, обустройство рекреационных зон определяются сроками сезонного развития растений.

Список литературы

1. Шерстюков Б.Г., Салугашвили Р.С. Новые тенденции в изменениях климата Северного полушария Земли в последнее десятилетие // Труды ГУ ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 175. С. 43–51.
2. Минин А.А., Воскова А.А. Гомеостатические реакции деревьев на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты // Онтогенез. 2014. Т. 45, № 3. С. 162–169.
3. Минин А.А., Ранькова Э.Я., Рыбина Е.Г., Сапельникова И.И. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2015 гг. в центральной части европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa Ehrh. (B. pendula Roth.)*), черемуха обыкновенная (*Padus avium Mill.*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia L.*), липа мелколиственная (*Tilia cordata Mill.*) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2016. Т. XXVIII, № 3. С. 5–22.
4. Минин А.А., Ранькова Э.Я., Буйволов Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. Фенологические тренды в природе центральной части Русской равнины в условиях современного потепления // Жизнь Земли. 2018. Т. 40, № 2. С. 162–174.
5. Иванова Ю.Р., Скок Н.В. Сезонное развитие растительных сообществ в контексте изменяющихся погодных условий низкогорий Среднего Урала // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2019. Т. 30, № 1–2. С. 70–89. DOI: 10.21513/2686-7710-2019-1-70-89.
6. Ivanova U.R., Skok N.V., Yantser O.V. Spatial Heterogeneity In Phenological Development Of Prunus Padus L. In The Yekaterinburg City // Geography, environment, sustainability. 2019. Vol. 2 (12). P. 273–281.
7. Гурьевских О.Ю., Иванова Ю.Р., Скок Н.В., Юровских А.М., Янцер О.В. Картографирование фенологических и биоклиматических показателей в ландшафтных провинциях Урала // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 6 (108); URL: <https://research-journal.org/archive/6-108-2021-june/kartografirovanie-fitofenologicheskix-yavlenij-i-bioklimaticheskix-pokazatelej-v-landshaftnyx-provinciyax-urala> (дата обращения: 14.05.2023). DOI: 10.23670/IRJ.2021.108.6.065.
8. Фирсова Н.В. Урбогеосистемы Центрально-Черноземного региона: ландшафтная структура, типология, оптимизация землепользования: автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Воронеж, 2012. 46 с.
9. Янцер О.В., Скок Н.В. Фенологические методы исследований в изучении динамики ландшафтов: общий обзор // Вестник Башкирского государственного университета. Серия «География». 2016. № 1. С. 91–100.

СТАТЬЯ

УДК 551.794

DOI 10.17513/use.38074

**ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА САБАКТЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)****Юсупова А.Р., Нургалиева Н.Г., Кузина Д.М., Косарева Л.Р., Юнусова Д.А.***ФГБОУ ВО «Казанский федеральный университет», Казань, e-mail: yusupovaanast095@gmail.com*

Известно, что вариации магнитных свойств донных отложений современных озер отражают условия окружающей среды: интенсивность поступления осадочного материала в бассейн седиментации, характер источников осадочного материала, колебания уровня озера, климат и другие условия озерного осадконакопления. Также информативным показателем условий осадконакопления является содержание главных и второстепенных элементов. С целью выявления особенностей условий осадконакопления на территории Южного Урала были изучены донные отложения озера Сабакты. Для детального изучения была выбрана самая длинная отобранная керновая колонка № 4, расположенная в восточной части озера. Комплексирование данных различных лабораторных исследований (радиоуглеродное датирование, гранулометрический анализ, измерение магнитной восприимчивости, коэрцитивная спектрометрия, дифференциальный термомагнитный анализ, рентгенофлуоресцентный и ИСП-МС анализ) позволило разделить разрез керновой колонки озера Сабакты на одну плейстоценовую зону и 4 голоценовые литологические зоны. Полученные результаты дали возможность выявить условия формирования озерных отложений в рассматриваемом регионе, а также развить и дополнить общие представления об озерном осадконакоплении в плейстоцен-голоценовое время. Установлена литологическая зональность донных отложений, отражающая историю осадконакопления в изучаемом озере, а также обозначены наиболее значительные события в истории осадконакопления.

Ключевые слова: озера, магнитные свойства, геохимия, гранулометрический состав, палеоклимат

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания проект № FZSM-2023-0023 в сфере научной деятельности, часть работ выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–35–90058.

**COMPOSITION CHARACTERISTICS
OF SABAKTY LAKE LACUSTRINE SEDIMENTS (SOUTHERN URALS)****Yusupova A.R., Nurgalieva N.G., Kuzina D.M., Kosareva L.R.***Kazan Federal University, Kazan, e-mail: yusupovaanast095@gmail.com*

It is known that variations in the magnetic properties of modern lakes sediments reflect environmental conditions: the intensity of sedimentary material entering the sedimentation basin, the genesis of sedimentary material sources, lake level fluctuations, climate and other conditions of lake sedimentation. Also informative indicators of sedimentation conditions are the contents of the major and minor elements. In order to identify the features of sedimentation conditions on the territory of the Southern Urals, Lake Sabakty sediments were studied. For a detailed study, the longest selected core column No. 4, located in the eastern part of the lake, was selected. Combining data from various laboratory studies (radiocarbon dating, granulometric analysis, magnetic susceptibility, coercive spectrometry, differential thermomagnetic analysis, X-ray fluorescence and ICP-MS analysis) allowed us to divide the core column section of Lake Sabakty into one Pleistocene zone and 4 Holocene lithological zones. The received results made it possible to identify the conditions for the formation of lake sediments in the region under consideration, as well as to develop and supplement general ideas about lake sedimentation in the Pleistocene and Holocene. The lithological zonation and staging of lacustrine sediments have been established. They have been considered in light of some climate events.

Keywords: lakes, magnetic properties, geochemistry, granulometric composition, paleoclimate

The work was carried out at the expense of a subsidy allocated to the Kazan Federal University for the implementation of the state assignment project No. FZSM-2023-0023 in the field of scientific activity, part of the work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of scientific project No. 20–35–90058.

Озера являются элементом многих современных и древних ландшафтных обстановок. Особенностью озер является их чувствительность к климатическим изменениям. Осадки современных озер с высокими скоростями седиментации позволяют получить более разрешенные палеоклиматиче-

ские, палеоэкологические и палеомагнитные записи по сравнению с океаническими осадками. Разнообразие типов озер и многочисленные факторы, определяющие процессы осадконакопления в каждом из них, формируют индивидуальный качественный и количественный состав отложений кон-

кретного озера. Изучение этих процессов в современных обстановках позволяет создавать палеорекострукции окружающей среды в геологическом прошлом, а на их основе – моделировать поведение климата в будущем [1].

В настоящее время интерес к донным отложениям как к архивам информации о параметрах окружающей среды высокий, так как эти данные чрезвычайно важны для понимания процессов изменения окружающей среды сегодня и в ближайшем будущем.

Полнота и детальность реконструкций условий формирования отложений определяются числом объектов и получением большего числа записей разных литологических данных. Это актуально для территории Южного Урала, где изучены единичные озера. История природных изменений Южного Урала в голоцене имеет сложный характер, так как соединяет в себе черты, характерные для развития природных условий Русской равнины и Сибири в голоцене. Проведение детального комплексного анализа донных осадочных отложений повысит надежность исследований, а также позволит провести более точную реконструкцию палеообстановок озерного седиментогенеза Южного Урала в позднечетвертичное время и определить основные факторы, влияющие на изменение этих обстановок.

Магнитные параметры (магнитная восприимчивость, параметры коэрцитивных спектров), аллотигенные и биогенные магнитные минералы в комплексе с разнообразными данными (гранулометрическими, геохимическими) позволяют выявлять эпизоды уменьшения/увеличения влажности климатических условий, вариации твердого стока и уровня водоемов, а также другие геологические и экологические изменения (например, [2]).

В качестве объекта исследования выбрано озеро Сабакты (53°36'55" N; 58°39'22" E) на территории Южного Урала, где активно развиваются исследования озерных донных осадков [3, 4]. Длина озера 2,37 км, средняя ширина – 1,01 км, средняя и максимальная глубины озера соответственно 2,8 м и 6 м. Площадь акватории составляет 2,4 км² [5]. Предварительные сейсмоакустические исследования позволили наметить места отбора керн. Всего были отобраны 4 керновые колонки, длина которых изменяется от 1,5 до 3 м. Общее количество отобранных образцов составило 452 шт. Шаг отбора составил 2 см. Для детального изучения была выбрана самая длинная отобранная керно-

вая колонка № 4, расположенная в восточной части озера (N 53° 37'5.4"; E 58° 39'33.4").

Целью исследования является изучение особенностей вещественного состава и магнитно-минералогических свойств плейстоцен-голоценовых осадков озера Сабакты.

Материал и методы исследования

Радиоуглеродный анализ проводился на Факультете Наук о Земле Национального университета Тайваня (NTUAMS Lab), г. Тайвань, на ускорительном масс-спектрометре 1.0 MV HVE. Для калибровки возраста образцов использовали программный продукт OxCal v4.2.4 Bronk Ramsey (2013) и калибровочную кривую IntCal 13, что позволяет определить временные интервалы с наибольшей вероятностью.

Анализ гранулометрического состава производили на анализаторе размера частиц Bluewave (Microtrac, США, заводской номер BCR66-MW08012403), совмещенном с системой загрузки и циркуляции пробы с интегрированным ультразвуковым диспергатором. Образцы предварительно были обработаны 10% HCl и 30% H₂O₂ для удаления карбонатов и органического вещества. Для определения литологических разностей использована классификация нелитифицированных осадков по [6]. При обработке данных гранулометрического состава строились графики распределения содержаний фракций (гистограммы и кумулятивные кривые) и использовался медианный размер зерен (Md), рассчитываемый квантильным методом и отражающий гидродинамический уровень осадкообразования и аккумуляцию.

Магнитная восприимчивость (МВ) была измерена на частоте 976 Гц и амплитуде поля 200 А/м с использованием многочастотного измерителя магнитной восприимчивости Agico Kappabridge MFK1-FA. Диапазон измерения прибора до 0,5 (SI) при частоте 976 Гц. Точность в пределах одного диапазона ±0,1; точность абсолютной калибровки ±3%. Значения магнитной восприимчивости осадочных отложений зависят от процесса выветривания. В условиях засухи эрозия, химическое выветривание замедляются, что приводит к снижению содержания магнитных минералов в осадке. Напротив, при повышенной влажности химическое выветривание, эрозия усиливаются, что приводит к более высоким значениям МВ. Таким образом, во время теплых/влажных климатических условий ожидаются более высокие значения МВ, и наоборот [2].

Коэрцитивная спектрометрия (КС). Измерения проводились на коэрцитивном спектрометре J_meter [7]. Для образцов в автоматическом режиме измерялись кривые нормального остаточного намагничивания при непрерывном росте внешнего магнитного поля до 1,5 Тл. Получены полные петли гистерезиса одновременно по остаточной и индуктивной намагниченностям. По кривым нормального намагничивания был определен вклад в магнитную составляющую осадка различных компонент озерных отложений: ферромагнитной (k_{ferro}), диа-/парамагнитной (k_{para}) и суперпарамагнитной (k_{super}) [8], что позволяет оценивать величину терригенного сноса, колебания уровня и продуктивность озер. Например, вклад k_{para} в МВ, в основном обусловлен поступлением аллотигенного материала в бассейне осадко-накопления [3, 8]. Ферромагнитный материал (магнетит, маггемит) может иметь смешанное (аллотигенное и биогенное) происхождение. Суперпарамагнитные минералы также могут быть как биогенного, так и аллотигенного происхождения, которые могут быть представлены гематитом или биогенно индуцированными оксидами или сульфидами железа [8].

Дифференциальный термомагнитный анализ (ДТМА) образцов по индуцированной намагниченности выполнялся на авторегистрирующих крутильных магнитных весах, действующих по нулевому методу. Нагрев каждого образца в магнитном поле 0,5 мТл проводился дважды при скорости нагрева 100°C/мин. В результате измерений были получены зависимости индуктивной намагниченности от температуры – $J_i(T)$ первого и второго нагревов. Точка Кюри (T_k – температура перехода ферромагнитного материала в парамагнитное состояние)

осадочной породы определяется точкой Кюри ферромагнитных минералов, входящих в ее состав. Для чистого магнетита она составляет 575°C, для различных его разновидностей колеблется от 315 до 600°C.

Рентгенофлуоресцентный анализ и ИСП-МС анализ. Для определения элементного состава озерных отложений был применен рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) и ИСП-МС. Измерения проводились при помощи рентгенофлуоресцентного спектрометра Bruker S8 Tiger и на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой iCAP Qc (ThermoFisher Scientific, Германия). Геохимические данные несут важную информацию об условиях седиментогенеза в озерных бассейнах. Содержание главных и второстепенных элементов, их соотношения известны как информативные показатели условий осадкообразования (например, [2, 3]). Для выяснения факторов валового химического состава использован факторный анализ методом главных компонент способом «Варимакс нормализованный» в Пакете программ STATISTICA. Факторный анализ был проведен для разрешенных переменных, имеющих статистически достоверный объем выборки и подчиняющихся нормальному и логнормальному распределениям со значимыми нагрузками более 0,7.

Результаты исследования и их обсуждение

Радиоуглеродное датирование. Согласно полученным результатам, возраст изучаемых отложений для озера Сабакты не позднее ~25 тыс. лет. Полученные радиоуглеродные даты приводятся в количестве лет до наших дней с указанием возможной статистической ошибки. За момент отсчета принята дата – 1950 г. (табл. 1).

Таблица 1

Результаты радиоуглеродного датирования

Лабораторный номер образца	номер образца	Глубина, см	Датированный материал	AMS ^{14}C возраст (^{14}C л.н.)	Калиброванный возраст (к.л.н.)
NTUAMS-5856	413	26	Озерный осадок	1257±70	1175±125
NTUAMS-5855	422	44		1356±81	1290±120
NTUAMS-7596-1	441	82		2734±51	2850±95
NTUAMS-5854-1	461	122		3477±77	3750±180
NTUAMS-5853	480	160		5244±88	6055±165
NTUAMS-5852	494	188		7191±107	8000±210
NTUAMS-7597-1	512	224		9604±62	10960±220
NTUAMS-5851	532	264		11340±114	13220±205
NTUAMS-7598	536	272		13989±68	17050±275
NTUAMS-5850	543	286		18850±144	22725±280

Гранулометрический анализ. Отложения нижней части колонки сложены голубовато-серым суглинком (интервал 290–216 см) и сменяются вверх по разрезу темно-зеленым суглинком алевритовым с прослойками супеси алевритовой и алевритистого песка. Включения галечно-гравийного материала характерны для интервала 246–256 см. По разрезу устанавливается преобладание алевритовой фракции, содержание которой изменяется от 33,24% до 76,3% (ср. знач. 58,14%). Содержание пелитовой фракции изменяется от 1,37% до 16,41% (ср. знач. 10,63%). Содержание псаммитовой фракции изменяется от 12,02% до 65,39% (ср. знач. 31,22%). Медианный размер зерен изменяется в пределах 0,014–0,056 мм (ср. знач. 0,0258 мм).

Химический состав. В результате РФА были получены данные по содержаниям главных и второстепенных элементов. Главные элементы представлены в основном литофильными элементами, за исключением сидерофильного железа и халькофильной серы.

Содержание SiO_2 характеризуется изменением в пределах 14,60–63,36% со средним 31,93%, Al_2O_3 (2,97–15,39%, среднее 7,78%), Fe_2O_3 (3,52–7,28%, среднее 5,54%), CaO (2,05–25,33%, среднее 7,90%). Сравнительно меньшие содержания отмечаются для MgO (0,98–3,04%, среднее 1,88%), SO_2 (0,15–5,61%, среднее 2,88%), K_2O (0,38–2,02%, среднее 0,94%), Na_2O (0,26–0,98%, среднее 0,55%), TiO_2 (0,19–0,70%, среднее 0,41%), P_2O_5 (0,06–0,28%, среднее 0,13%), MnO (0,09–0,65%, среднее 0,22%).

Второстепенные элементы представлены литофильными элементами (ванадий, хлор, стронций, хром, цирконий, рубидий, бром), халькофильными элементами (медь, цинк, мышьяк) и сидерофильными элементами (никель, кобальт). Сравнительно более высокие содержания характерны для Cl , V_2O_5 , SrO (средние содержания 0,040%, 0,020%, 0,025% соответственно). Меньшие содержания характерны для Cr_2O_3 , CuO , ZnO , Br , NiO , ZrO_2 , Rb_2O , As_2O_3 (средние содержания 0,013%, 0,009%, 0,010%, 0,007%, 0,006%, 0,008%, 0,003%, 0,003% соответственно). В семи образцах зафиксирован CoO (среднее содержание 0,0002%).

В ходе ИСП-МС также измерены концентрации в г/т Li , Be , Sc , Ga , Ge , Se , Y , Nb , Mo , Ag , Cd , Sn , Sb , Cs , Ba , PЗЭ , Hf , Ta , W , Ir , Tl , Pb , Bi , Th , U . Наиболее заметные содержания отмечены для Li , Ba (средние содержания составляют 20,52, 232,64 г/т соответственно). Меньше представлены Ta ,

W , Be , Hf , U , Cs , Th , Nb (средние содержания 0,29, 0,62, 1,35, 1,62, 1,79, 2,86, 3,89, 4,89 г/т соответственно). Содержание легких редкоземельных элементов LREE (La , Ce , Pr , Nd , Sm , Eu , Cd) изменяется в пределах 18,02–112,82 г/т, а содержание тяжелых редкоземельных элементов HREE (Tb , Dy , Ho , Er , Tm , Yb , Lu) изменяется от 1,84 г/т до 10,50 г/т. Общее содержание REE (LREE+HREE) изменяется от 28,38 г/т до 163,61 г/т.

Среди халькофильных элементов установлено наличие Bi , Cd , Te , Tl , Sb , Ag , Sn , Se , Ge , Pb , Ga (средние содержания составляют 0,13, 0,13, 0,16, 0,19, 0,67, 1,18, 1,29, 2,11, 3,67, 7,59, 10,50 г/т соответственно). Среди сидерофильных элементов установлено наличие Mo , содержания которого варьируют в пределах 1,20–4,08 г/т. В 16 образцах зафиксировано наличие Re , среднее значение которого составляет 0,01 г/т, а также в 5 образцах присутствует Ir со средним значением 0,016 г/т.

Факторный анализ разрешенных переменных позволил установить 3 фактора со значимыми нагрузками более 0,7 (табл. 2).

Самым значимым является фактор F1 (вес 24,46%), далее с меньшими весами располагаются факторы F2, F3.

Фактор F1 отражает увеличение содержания элементов терригенного привноса (аллотигенных элементов): Na , Mg , Si , K , Ti , V , Cr , Ni , Rb , Zr , Ba , REE, Th , Li , Fe , Ga , Ge , Se , Y , Nb , Sn , Sb , Cs , Hf , Ta , Tl , Pb , Bi .

Фактор F2 отражает уменьшение содержания Sr . Элемент Sr является «геохимическим аналогом» кальция и может входить в состав кальцита, поэтому в осадках с высоким содержанием карбонатов (макрофитогенные сапропели) наблюдается корреляция в распределении Ca и Sr [9].

Фактор F3 – это фактор уменьшения S . Содержание S в осадочных отложениях озер является отражением процессов бактериальной сульфатредукции, в результате которой выделяется H_2S и, как следствие, образуется пирит [4, 9].

Магнитная восприимчивость. Значения магнитной восприимчивости изменяются в пределах $(0,48–12,6) \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{кг}$ (табл. 3) в связи с литологической неоднородностью [10].

На диаграмме Дзя-Данлопа [11] (рис. 1) отображены полученные параметры магнитного гистерезиса по керновой колонке № 3 и № 4. Согласно построенной диаграмме (рис. 1), исследуемые образцы находятся в области смеси однодоменных (SD), суперпарамагнитных (SP) и многодоменных (MD) зерен.

Таблица 2

Результаты факторного анализа

Переменная	Фактор. нагрузки (Варимакс нормализ.) Выделение: Главные компоненты (Отмечены нагрузки >0,70)		
	Фактор F1	Фактор F2	Фактор F3
Na (%)	0,88	0,12	-0,06
Mg (%)	0,95	-0,20	-0,02
Si (%)	0,90	0,25	0,22
S (%)	-0,39	0,01	-0,83
LOG K	0,96	0,01	0,01
Ti (%)	0,92	0,09	0,08
V (ppm)	0,87	0,19	0,03
Cr (ppm)	0,90	0,22	0,03
Co (ppm)	0,68	0,41	-0,45
Ni (ppm)	0,66	-0,03	0,09
Cu (ppm)	0,43	0,05	0,10
Zn (ppm)	0,41	0,43	-0,05
LOG Rb	0,88	0,07	-0,01
LOG Sr	0,01	-0,99	0,04
LOG Zr	0,78	0,37	0,15
Ba (ppm)	0,96	-0,18	0,04
LOG REE	0,96	0,07	0,02
LOG Th	0,97	0,08	0,01
Log Li	0,97	0,18	-0,03
Log Be	0,21	-0,05	0,01
Fe	0,77	0,13	-0,57
Ga	0,95	0,02	0,08
Ge	0,95	0,02	0,09
Se	0,93	0,20	0,07
Log Y	0,93	0,11	0,03
Log Nb	0,97	0,05	0,02
Mo	-0,28	-0,14	-0,29
Cd	0,33	0,19	-0,16
Sn	0,70	0,03	0,09
Sb	0,92	0,02	0,05
Cs	0,94	-0,03	0,08
Hf	0,94	0,02	0,14
log Ta	0,97	0,05	0,02
log Tl	0,96	0,08	-0,05
log Pb	0,94	0,17	0,01
log Bi	0,96	0,07	0,01
Общ. дис.	24,46	1,92	1,49
Доля общ	0,68	0,05	0,04

Таблица 3

Статистические параметры магнитной восприимчивости колонок донных отложений озера Сабакты ($\cdot 10^{-7}$ м³/кг)

№ колонки	1К	2К	3К	4К
Минимум	0,78	0,93	0,63	0,48
Максимум	2,7	9,68	8,45	12,6
Среднее	1,26	1,92	1,88	1,62
Число наблюдений	91	73	125	147

Согласно построенной диаграмме (рис. 1), магнитные зерна исследуемых образцов представляют собой комбинацию SD и MD (PSD) зерен с долей MD от 40 до 92% [11].

Значения общей MB по всему разрезу изменяются от $3,55 \cdot 10^{-5}$ до $38,63 \cdot 10^{-5}$. Вклад k_{para} в MB изменяется от $1,95 \cdot 10^{-5}$ до $10,11 \cdot 10^{-5}$, k_{ferro} – от $0,55 \cdot 10^{-5}$ до $35,17 \cdot 10^{-5}$ и k_{super} – от $0,006 \cdot 10^{-5}$ до $0,25 \cdot 10^{-5}$ (табл. 4).

Таблица 4

Статистика значений компонент магнитной восприимчивости ($\cdot 10^{-5}$)

Выборка	k_{full}	k_{para}	k_{ferro}	k_{super}
Минимум	3,55	1,95	0,55	0,006
Максимум	38,63	10,11	35,17	0,25
Среднее	12,74	6,20	6,48	0,058

Для установления генезиса магнитных параметров была вычислена корреляционная матрица по выборке, включающей геохимические факторы и параметры коэрцитивных спектров (табл. 5).

Согласно таблице 2, коэффициент корреляции между k_{para} и F1 составляет 0,91. Таким образом, k_{para} выступает как прокси поставки аллотигенного материала в озерную систему.

Для прочих компонент установлена тесная корреляционная связь между k_{full} , k_{ferro} и k_{super} , объясняющаяся присутствием магемита и магнетита (последний обнаруживается по данным ДТМА, рис. 2) со смешанным (аллотигенным и аутигенным) происхождением, требующим дополнительных исследований.

Комплексообразование данных радиометрического датирования, гранулометрического состава, химического состава (факторы F1, F2 и F3) и парамагнитной компоненты k_{para} позволило выделить в составе колонки № 4 пять литологических зон: одну плейстоценовую и четыре голоценовые (рис. 3).

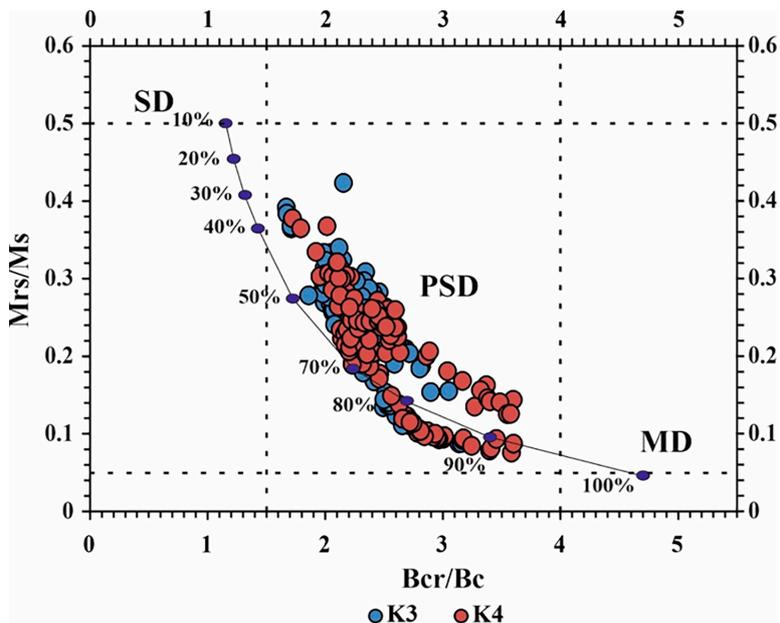


Рис. 1. Диаграмма Дзя-Данлопа для керновых колонок: синие кружочки – керновая колонка № 3, красные – № 4 [11]

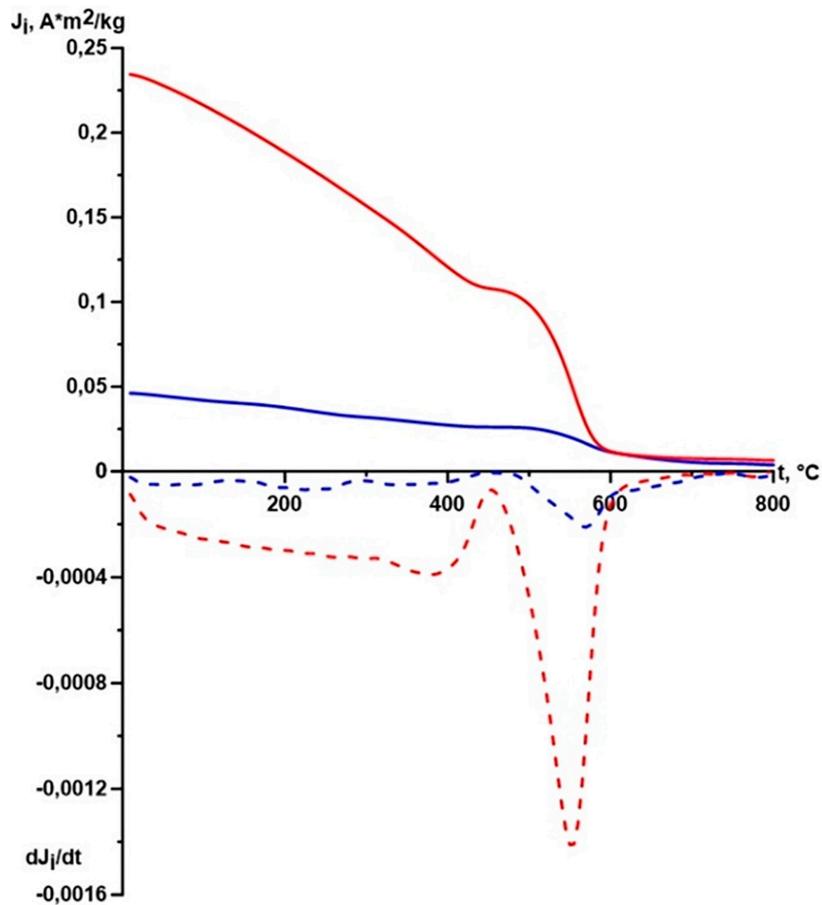


Рис. 2. Результат дифференциального термомагнитного анализа образца с глубины 6 см (колонка № 4). Синим цветом обозначен первый нагрев, красным – второй; сплошная линия – интегральная кривая, пунктир – дифференциальная кривая. Идентифицируется магнетит по кривой первого нагрева

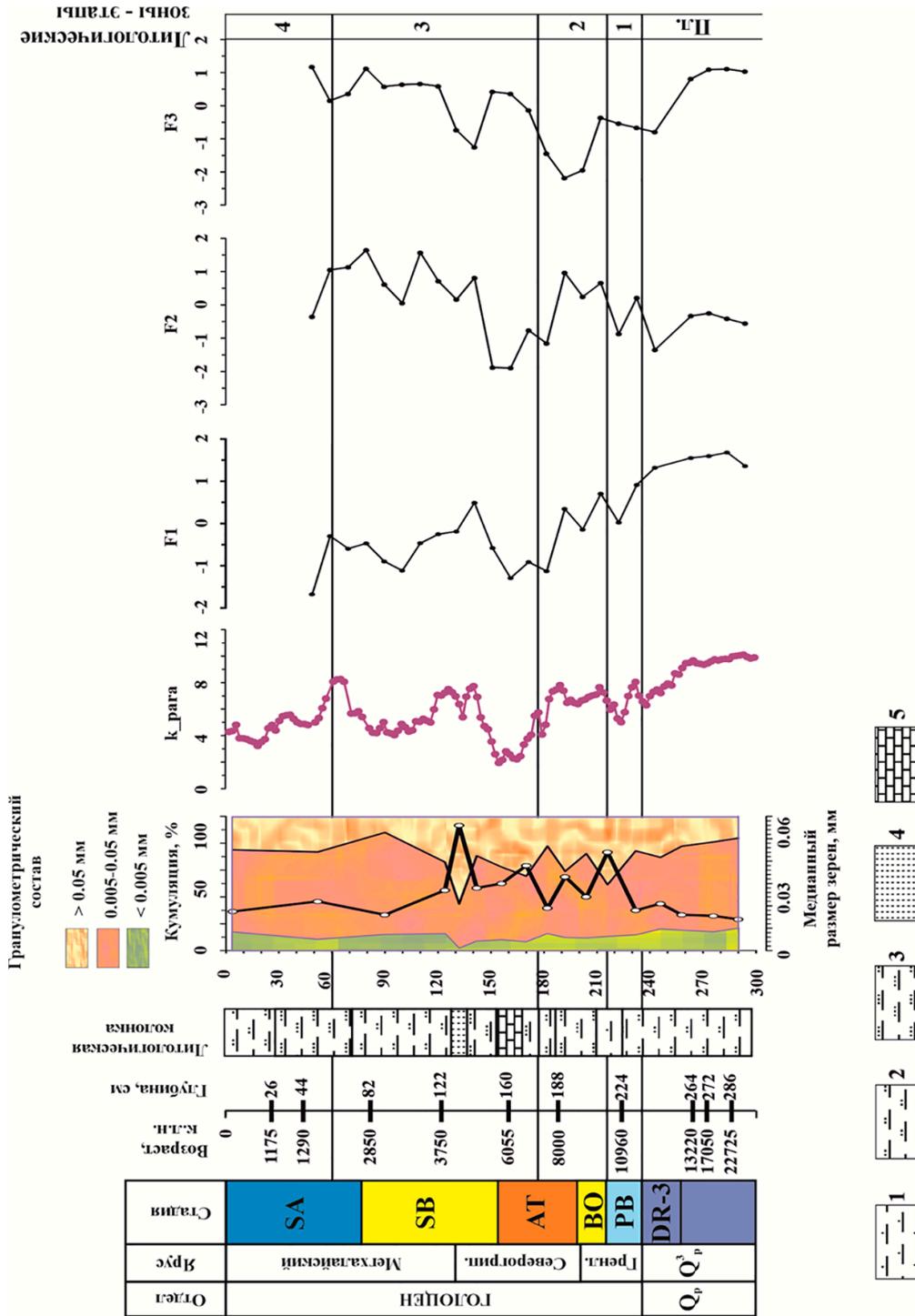


Рис. 3. Вариации k_{рага} и F1 озера Сабакты
 Условные обозначения: 1 – суглинок тяжелой алевроитовой, 2 – суглинок легкой алевроитовой, 3 – супесь алевроитовая, 4 – песок алевроитовый; 5 – карбонатный сапропель; Q_p – плейстоцен; Q_p³ – верхний плейстоцен [12]; DR-3 – поздний дрис, PB – Преборральная стадия, BO – Борральная стадия, AT – Атлантическая стадия, SB – Субборральная стадия, SA – Субатлантическая стадия [13]

Таблица 5

Матрица коэффициентов корреляции

	Отмеченные коэффициенты значимы на уровне $p < 0,05$						
	F1	F2	F3	k_full	k_para	k_ferro	k_super
F1	1,00						
F2	0,00	1,00					
F3	0,00	0,00	1,00				
k_full	0,47	0,25	0,09	1,00			
k_para	0,91	0,29	0,21	0,63	1,00		
k_ferro	-0,01	0,16	0,09	0,84	0,18	1,00	
k_super	-0,08	0,07	0,06	0,72	0,08	0,94	1,00

Плейстоценовая литологическая зона озера Сабакты относится к интервалу разреза 294–238 см (~26000 – 11700 к.л.н.) (рис. 3).

Изучаемые образцы по данным первичного литологического описания представлены глинистыми отложениями серо-голубыми плотными, с включениями галечно-гравийного материала. Среднее значение M_d в данной зоне составило 0,017 мм. Преимущественно в образцах содержится алевритовая фракция: среднее значение составило 62,80%. В меньшей степени в образцах установлено содержание пелитовой (среднее значение 15,18%) и псаммитовой (среднее значение 22,02%) фракций. По классификации Логвиненко определен суглинок легкий алевритовый. Для данной зоны характерны повышенные значения k_{para} , F1, F2 и F3, указывающие на активный привнос аллотигенного материала на начальном этапе существования озера.

К голоценовой литологической зоне 1 приурочен интервал 238–214 см (~11700–10130 к.л.н., пребореальная стадия), сложенный илом светло-серым и темно-зеленым плотным, глинистым. Среднее значение M_d для осадочных отложений озера Сабакты в данной зоне составило 0,031 мм. Преимущественно в образцах содержится алевритовая фракция: среднее значение составило 50,85%. В меньшей степени в образцах установлено содержание пелитовой (среднее значение 10,78%) и псаммитовой (среднее значение 38,38%) фракций. По классификации Логвиненко определены суглинок легкий алевритовый (глубина 232 см) и суглинок легкий (глубина 216 см). Подошвенная часть зоны отмечается локальным увеличением k_{para} и F2 (на фоне трендов уменьшения терригенного сноса),

обозначившим начало пребореальной седиментационной стадии. Аналогичная ситуация для подошвенной части отмечается и для следующей литологической зоны.

Литологическая зона 2 голоцена охватывает интервал разреза 214–178 см (~10130–7300 к.л.н.; бореальная стадия и первая половина атлантической стадии). Согласно первичному литологическому описанию, интервал представлен илом светло-коричневым плотным, песчано-алевритовым. Среднее значение M_d составило 0,025 мм. Содержание алевритовой фракции составило 59,35%, псаммитовой – 30,38%, пелитовой – 10,27%. По классификации Логвиненко определены супесь алевритовая (интервал 204–192 см) и суглинок легкий алевритовый (глубина 182 см).

Для данной зоны характерно увеличение значений k_{para} , F1 и F2, указывающее на увеличение поставки аллотигенного материала. Повышенное содержание аллотигенного материала в интервале 236–184 см, вероятно, связано с обводнением озера в результате потепления и увлажнения климата в интервале ~11640–7700 к.л.н. [4].

Значения F3 выражено уменьшаются, что соответствует, по всей вероятности, активному высвобождению серы в результате бактериальной сульфатредукции [4, 9].

К литологической зоне 3 голоцена приурочен интервал разреза 178–60 см (~7300–1950 к.л.н.; вторая половина атлантической стадии, суббореальная стадия), сложенный илом темно-зеленым, серо-зеленым и зеленым плотным, участками песчано-алевритовым. Среднее значение медианного размера зерна по сравнению с зоной 2 увеличивается до 0,033 мм. Для данной зоны характерно увеличение содержания псаммитовой фракции (среднее значение составило 37,22%).

Средние содержания алевритовой и пелитовой фракции снижаются до 55,11% и 7,67% соответственно. По классификации Логвиненко определены супесь алевритовая (170–156 см), алевритовый песок (132 см) и суглинок легкий алевритовый (124–90 см). В интервалах 144–118 см (~5100–3660 к.л.н.), 78–52 см (~2630–1620 к.л.н.) установлено увеличение k_{para} и F_1 , что указывает на увеличение поставки аллотигенного материала в бассейн седиментации. Пониженное содержание аллотигенного вещества в осадках установлено в интервале 184–144 см (~7700–5100 к.л.н.), которое сопровождается замечательным увеличением S_r в осадке (уменьшение значений фактора F_2 , карбонатная седиментация). Снижение поставки аллотигенного материала и карбонатообразование, скорее всего, связаны с уменьшением влажности климата. Так, например, согласно Н.А. Хотинскому [14], в период ~6800–5800 лет назад на территории Северной Евразии произошел термический максимум. Снижение значений k_{para} и F_1 установлено в интервале 118–78 см (~3660–2630 к.л.н.), что указывает на аридизацию климата, что согласуется с данными по [4]: спорово-пыльцевой и диатомовый анализы осадочных отложений озера Талкас позволили установить аридизацию климата, которая произошла ~4200–3000 к.л.н.

Голоценовая литологическая зона 4 охватывает интервал разреза 60–2 см (~1950–1000 к.л.н., большая часть субатлантической стадии), представленный илом темно-зеленым. Среднее значение M_d в осадочных отложениях озера Сабакты уменьшается по сравнению с зоной 3 до 0,020 мм. Среднее содержание алевритовой фракции составило 63,39%, пелитовой – 10,84%, псаммитовой – 25,76%. По классификации Логвиненко определены супесь алевритовая (52 см) и суглинок легкий алевритовый (4 см). Для данной зоны характерно снижение значений k_{para} , F_1 , что указывает на уменьшение содержания аллотигенного материала в осадке. Пониженное содержание аллотигенного вещества в осадках установлено в интервале 52–2 см (~1620–1000 к.л.н.), который коррелирует с событием Бонда 1 (увеличение сухости климата) [15].

Заключение

Впервые получены детальные данные по возрасту, вещественному составу и генетическим особенностям донных отложений озера Сабакты по данным длинных керно-

вых колонок. Полученные результаты позволили выявить условия формирования озерных отложений в рассматриваемом регионе, а также развить и дополнить общие представления об озерном осадконакоплении в плейстоцен-голоценовое время. Согласно радиоуглеродному датированию, седиментация в озере Сабакты началась не позднее ~ 25 тыс. лет назад. Выявлено значение k_{para} как показателя интенсивности поступления аллотигенного материала в озерный бассейн осадконакопления. Установлена литологическая зональность донных отложений, отражающая историю осадконакопления в изучаемом озере, а также обозначены наиболее значительные эпизоды и события в истории осадконакопления.

Список литературы

1. Pu Y., Nace T., Meyers P.A., Zhang H., Wang Y., Zhang C.L., Shao X. Paleoclimate changes of the last 1000 yr on the eastern Qinghai–Tibetan Plateau recorded by elemental, isotopic, and molecular organic matter proxies in sediment from glacial Lake Ximencuo // Original Research Article Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2013. Vol. 379–380. P. 39–53. DOI: 10.1016/j.palaeo.2013.03.023.
2. Косарева Л.Р., Щербakov В.П., Нургалиев Д.К., Нургалиева Н.Г., Сычева Н.К., Антоненко В.В., Кузина Д.М., Евтугин В.Г. Периодизация климатических циклов в голоцене по синхронным вариациям магнитных и геохимических параметров осадков озера Большое Яровое (юго-запад Сибири) // Геология и геофизика. 2020. Т. 61. № 7. С. 889–907. DOI: 10.15372/GiG2019148.
3. Юсупова А.Р., Нургалиева Н.Г. Геохимическая основа индикации изменения климата по голоценовым донным отложениям озера Банное (Южный Урал) // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2021. Т. 163. № 3. С. 514–526. DOI: 10.26907/2542-064X.2021.3.514-526.
4. Масленикова А.В., Удачин В.Н., Дерягин В.В. Палеоэкология и геохимия озерной седиментации голоцена Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. 136 с.
5. Krylov P.S., Nurgaliev D.K., Kuzina D.M., Yasonov P.G. High resolution seismic studies of shallow lake sabakty (Russia) // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. SGEM. 2019. Vol. 19, Is. 4.2. P. 229–234. DOI: 10.5593/sgem2019V/4.2/S06.031.
6. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород с основами методики исследования: учеб. для геол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1984. 416 с.
7. Нургалиев Д. К., Ясонов П.Г. Полезная модель «Коррелятивный спектрометр» // Патент № 81805. Патентообладатель Гос. обр. уч-е высшего проф. обр. «Казан. гос. ун-т им. В. И. Ульянова-Ленина». № 2008125924/22; заявлено 17.06.08; опубл. 27.03.09, Бюл. ФИПС № 9. 20 с.
8. Kosareva L.R., Nourgaliev D.K., Kuzina D.M., Spassov S., Fattakhov A.V. Ferromagnetic, dia-/paramagnetic and superparamagnetic components of Aral sea sediments: significance for paleoenvironmental reconstruction // ARPN Journal of Earth Sciences. 2015. Vol. 4. Is. 1. P. 1–6.
9. Мальцев А.Е. Геохимия голоценовых разрезов сапропелей малых озер юга Западной Сибири и Восточного Прибайкалья: дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2017. 199 с.

10. Kuzina D., Iusupova A., Antonenko V. MAGNETIC STUDIES OF LAKE SABAКТY SEDIMENTS (SOUTH URAL, RUSSIA) // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. SGEM 2020. Conference Proceedings. 2020. P. 201-208. DOI: 10.5593/sgem2020V/4.2/s06.25.
11. Dunlop D.J. Theory and application of the Day plot (M-rs/M-s versus H-cr/H-c) // J. Geophys. Res. S Solid Earth. 2002. Vol. 107, Is. B3. P. 2046–2067.
12. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. The Geologic Time Scale 2020 // Elsevier. 2020. Vol. 2. P. 1219-1240. DOI: 10.1016/C2020-1-02369-3.
13. Борисов Б.А. О дальнейшем усовершенствовании общей шкалы квартера для детализации карт четвертичных отложений, входящих в комплекты госгеолкарты РФ // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и проблемы обустройства: ГИН РАН. 2013. С. 365–375.
14. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 199 с.
15. Bond G., Showers W., Cheseby M., Lotti R. et al. A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates // Science. 1997. Vol. 278, Is. 5341. P. 1257–1266. DOI: 10.1126/science.278.5341.1257.

СТАТЬИ

УДК 622.772:544.723
DOI 10.17513/use.38075

ПРИМЕНЕНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СОРБЦИИ ЗОЛОТА ИЗ ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРОВ ПРИРОДНЫМИ ЦЕОЛИТАМИ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Белова Т.П.

*Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: tpbel@yandex.ru*

Экспериментально проведена сравнительная характеристика сорбционных свойств природных цеолитов Ягоднинского месторождения Камчатского края морденит-клиноптилолитового типа (МРД-КЛП) и Середочного месторождения Хабаровского края гейландит-клиноптилолитового типа (ГЛД-КЛП) по отношению к солянокислым растворам золота в диапазоне концентраций от 2,0 до 10,0 мг/л. Определены значения предельной сорбционной емкости цеолитов и константы адсорбционного равновесия по уравнению Ленгмюра. Рассчитаны значения свободной энергии Гиббса, которые позволяют сделать вывод о самопроизвольном процессе сорбции хлоридных комплексов золота из слабокислых растворов. Значения энергии Гиббса равны, кДж/моль: $\Delta G = -28,3$ и $\Delta G = -26,2$ для цеолитовых туфов Ягоднинского и Середочного месторождений соответственно. Установлены эмпирические коэффициенты уравнения Фрейндлиха – k' равные $2,1 \cdot 10^{-3}$ и $5,2 \cdot 10^{-3}$, показатели степени n , равные 3,66 и 2,26, для цеолитов Ягоднинского и Середочного месторождений соответственно. Анализ экспериментальных данных с использованием модели Дубинина-Радушкевича показал, что в зависимости от исходной концентрации золота и степени заполнения поверхности механизмы сорбции различаются. В диапазоне концентраций от 2,0 до 6,0 мг/л преобладает ионообменный механизм, в диапазоне концентраций от 6,0 до 10,0 мг/л – механизм физико-химической сорбции. Полученные результаты показывают, что природные цеолиты могут быть использованы как эффективные сорбенты для извлечения золота из дренажных вод, образующихся при хранении кеков выщелачивания золотоизвлекающих фабрик.

Ключевые слова: природные цеолиты, золото, сорбционная емкость, константа адсорбционного равновесия, энергия Гиббса

APPLICATION OF ADSORPTION MODELS FOR DESCRIPTION OF GOLD SORPTION FROM CHLORIDE SOLUTIONS BY NATURAL ZEOLITES IN A STATIC MODE

Belova T.P.

*Research Geotechnological Center of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: tpbel@yandex.ru*

Comparative analysis of natural zeolites sorption properties of the Yagodninskoe deposit of mordenite-clinoptilolite type in Kamchatka Territory and the Seredochnoe deposit of geylandite-clinoptilolite type in Khabarovsk Krai in relation to chloride solutions of gold in the concentration range from 2.0 to 10.0 mg/l is carried out experimentally. The values of the ultimate sorption capacity of zeolites and the adsorption equilibrium constants are determined using the Langmuir equation. The values of Gibbs free energy are calculated, which allow to conclude about the spontaneous sorption process of gold chloride complexes from weakly acidic solutions. The Gibbs energy values are: $\Delta G = -28.3$ kJ/mol and $\Delta G = -26.2$ kJ/mol for zeolite tuffs of Yagodninskoe and Seredochnoe deposits, respectively. Empirical Freundlich's equation coefficients k' equalling $2.1 \cdot 10^{-3}$ and $5.2 \cdot 10^{-3}$ and degree indexes n equalling 3.66 and 2.26 are determined for zeolites from Yagodninskoe and Seredochnoe deposits respectively. Experimental data analysis with the help of the Dubinin-Radushkevich model shows that the sorption mechanisms differ depending on the initial gold concentration and degree of surface coverage. In the concentration range from 2.0 to 6.0 mg/l the ion-exchange mechanism prevails, and in the concentration range from 6.0 to 10.0 mg/l the mechanism of physical-chemical sorption prevails. The results obtained show that natural zeolites can be used as effective sorbents for gold recovery from drainage water generated during the storage of cakes from gold leaching plants.

Keywords: natural zeolites, gold, sorption capacity, adsorption equilibrium constant, Gibbs energy

Природные цеолиты представляют собой структурированные алюмосиликатные минералы с высокой способностью к катионному обмену и адсорбции ионов. Их структура состоит из каркаса кремнекислородных тетраэдров $[\text{SiO}_4]^{4-}$, соединенных по углам друг с другом общими атомами кислорода. Изоморфное замещение Si^{4+} на Al^{3+} в тетраэдрических узлах приводит к избы-

точному отрицательному заряду, который уравнивается катионами щелочных и щелочноземельных металлов. Ионы щелочных и щелочноземельных металлов обеспечивают цеолитам ионообменные и молекулярно-ситовые свойства. С другой стороны, высокоразвитая внутренняя поверхность цеолитов за счет пор и каналов объясняет их молекулярно-ситовые свойства.

Цеолиты довольно широко применяют как сорбенты при очистке сточных вод и как катализаторы при синтезе органических соединений. Они являются эффективными сорбентами по отношению к тяжелым металлам, таким как никель, медь, свинец, кадмий и др. [1–3]. Применение природных сорбентов для очистки рудничных вод от тяжелых металлов [3] показало, что в динамических условиях морденитовый туф способен поглощать ионы свинца, кадмия, меди, вольфрама. При изучении кинетики и механизмов сорбции тетрахлорозолотоводородной кислоты [4] цеолитовыми туфами месторождений Забайкалья установлено, что лимитирующей стадией является внутридиффузионный механизм. Цеолитовые субстраты используются также при очистке сточных вод. Ранее авторы изучали сорбцию цветных металлов из технологических растворов бактериально-химического выщелачивания кобальт-медно-никелевых руд [1], сорбцию бора и лития из геотермальных теплоносителей [5] природными и модифицированными цеолитами.

Анализ литературных данных показал, что в печати имеются ограниченные сведения по сорбции золота натуральными, синтетическими цеолитами и цеолитовыми туфами, поэтому проблема изучения сорбции золота природными материалами в настоящее время является актуальной.

Целью настоящей работы является установление характеристик сорбции золота цеолитами морденит-клиноптилолитового типа (МРД-КЛП) Ягоднинского месторождения Камчатского края и цеолитами гейландит-клиноптилолитового типа (ГЛНД-КЛП) Середочного месторождения Хабаровского края в статическом режиме.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводили в статическом режиме методом ограниченного объема при комнатной температуре (20±2°C). Навески подготовленных образцов цеолитов с размерами гранул 0,25–0,5 мм приводили в контакт с солянокислыми растворами золота различной концентрации. Стандартизацию растворов проводили по ГСО 8429-2003. Соотношение твердого к жидкому поддерживали на уровне 1:50. Через 24 часа сорбент отделяли от раствора. Равновесное содержание золота анализировали методом ICPE-9000 с индуктивно-связанной плазмой фирмы Shimadzu (Япония).

Минеральный состав цеолитовых туфов определяли на рентгеновском дифрактометре RIGAKU Ultima-IV (Япония) (Cu Kα). Мощность генератора рентгеновского излучения – 40 кВ и 30 мА, скорость сканирования – 1,0 град./мин., с шагом 0,02 град., в угловом диапазоне от 3 до 50 град. (2 theta). Расшифровку дифрактограмм выполняли методом Ритвельда с использованием программы PDXL, работающей на персональном компьютере. Для идентификации кристаллических фаз использовали базы данных ICDD – Международного центра дифракционных данных для неорганических веществ.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки адсорбции золота цеолитами двух дальневосточных месторождений – Ягоднинского месторождения Камчатского края и Середочного месторождения Хабаровского края – были выбраны три важнейшие модели, описываемые уравнениями Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радушкевича.

Статическую обменную емкость (А, ммоль/г) рассчитывали по уравнению:

$$A = (C_0 - C_t) \frac{V}{m},$$

где C_0 и C_t – начальная и равновесная концентрации вещества в растворе, ммоль/л; V – объем раствора, л; m – навеска сорбента, г.

Для описания изотермы адсорбции использовали уравнение Ленгмюра:

$$A = A_{max} \frac{kC_t}{1 + kC_t},$$

где A_{max} – предельная сорбционная емкость ммоль/г, k – константа адсорбционного равновесия, характеризующая энергию взаимодействия адсорбента и адсорбата. Линейная форма уравнения Ленгмюра имеет вид:

$$\frac{C_t}{A_t} = \frac{C_t}{A_{max}} + \frac{1}{A_{max}k} \quad (1)$$

Характеристики уравнения Ленгмюра могут быть выражены безразмерной константой, называемой коэффициентом распределения (или параметром равновесия) R_L :

$$R_L = \frac{1}{1 + kC_0}.$$

Адсорбция считается необратимой при $R_L=0$, благоприятной при $0 < R_L < 1$, линейной при $R_L=1$ и неблагоприятной при $R_L > 1$ [6; 7].

Свободную энергию Гиббса ΔG рассчитывали по формуле:

$$\Delta G = -RT \ln k,$$

где R – универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/моль·град К; T – температура в градусах Кельвина; k – константа адсорбционного равновесия.

Для изотерм сорбции, имеющих параболический характер, зависимость сорбционной емкости от концентрации может быть описана эмпирическим уравнением Фрейндлиха:

$$A = k' C_t^{1/n},$$

где $1/n$ – константа, показатель степени, зависящий от температуры и природы адсорбата, k' – константа Фрейндлиха. В логарифмических координатах – это уравнение прямой:

$$\lg A = \lg k' + \frac{1}{n} \lg C_t. \quad (2)$$

Коэффициенты в уравнениях (1 и 2) определяли графически.

Изотерма Дубинина-Радушкевича [6; 7], применяемая для обработки экспериментальных данных, линеализуется в логарифмической форме:

$$A = A_{max} \exp(-k_{DR} \cdot \varepsilon^2) \\ \ln A = \ln A_{max} - k_{DR} \cdot \varepsilon^2, \quad (3)$$

где ε – потенциал Поляни $\varepsilon = RT \ln \left(1 + \frac{1}{C_t} \right)$,

k_{DR} – константа адсорбционного равновесия Дубинина-Радушкевича.

Цеолитовое сырье Ягоднинского месторождения Камчатского края по минеральному составу относится к клиноптилолитовому типу, к клиноптилолитовому и морденит-клиноптилолитовому подтипу. По данным рентгеноструктурного анализа, минералы в партии цеолитового туфа Ягоднинского месторождения, используемого для экспериментальной части настоящей работы, представлены клиноптилолитом-Са (52,1%), клиноптилолитом-На (23,0%) и морденитом (до 12,9%), анортитом (10,7%), альбитом (0,84%), кристобалитом (0,46%). Таким образом, цеолитовые минералы составляют 88% от массы цеолитового туфа. Степень замещенности кремния на алюминий в кремнекислородных тетраэдрах можно оценить по соотношению $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. В цеолитовой фракции МРД-КЛП такое соотношение составило 5,52. Содержание обменных катионов располагается в ряд $\text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{K}^+$.

Цеолитовый туф Середочного месторождения представлен клиноптилолитом (61,0%), гейландитом (3,4%), морденитом (0,6%), кварцем различных модификаций (до 21%), анортитом (9,8%) и до 4% глинистых минералов типа иллита. На долю цеолитовых минералов приходится 65% общей массы цеолитового туфа. Соотношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ равно 3,56. Содержание обменных катионов располагается в ряд $\text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{K}^+$.

Результаты экспериментальных исследований отображены на графиках (рис. 1–3) и в таблицах 1 и 2.

На графике (рис. 1) представлены экспериментальные результаты координат уравнения Ленгмюра (уравнение 1).

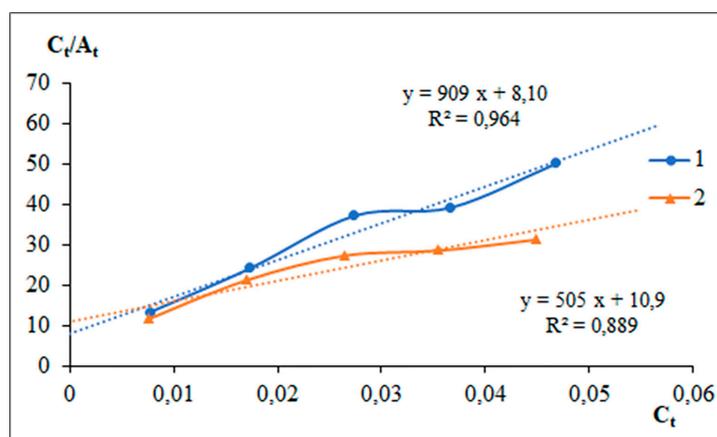


Рис. 1. Зависимость отношения равновесной концентрации к сорбционной емкости цеолитов от величины равновесной концентрации золота в растворе (модель Ленгмюра): 1 – МРД-КЛП; 2 – ГЛНД-КЛП

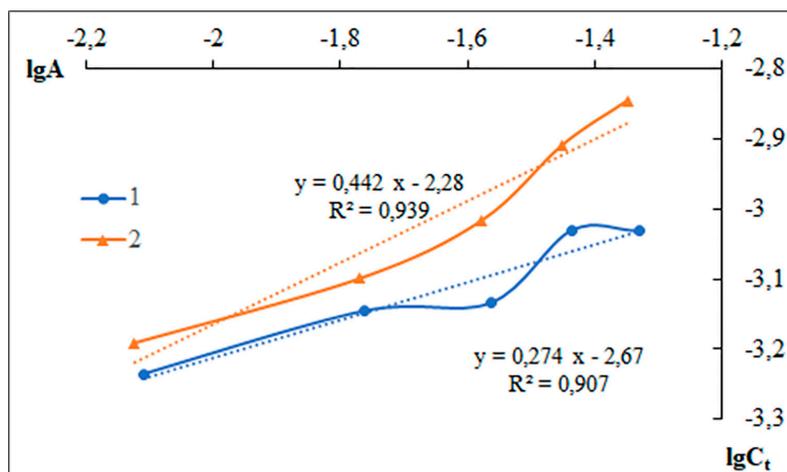


Рис. 2. Зависимость логарифма сорбционной емкости цеолитов от логарифма равновесной концентрации цветных металлов (модель Фрейндлиха): 1 – МРД-КЛП; 2 – ГЛНД-КЛП

Подчеркнем, что теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра не учитывает химическое взаимодействие адсорбата с активными центрами адсорбента, кроме этого, в теории существует допущение, что все активные центры твердой фазы однородны. В действительности при работе с природными материалами, такими как цеолиты, эти допущения должны иметь погрешности. Внутренняя поверхность цеолитов имеет сложную геометрию, разнородный минеральный состав, а также не только индивидуальные кристаллы минералов, но и сростки минеральных зерен. Тем не менее при расчетах сорбционных характеристик цеолитовых туфов МРД-КЛП и ГЛНД-КЛП по уравнению Ленгмюра получены высокие значения коэффициентов корреляции R^2 , равные 0,964 и 0,989 соответственно. Отметим, что сорбционная емкость ГЛНД-КЛП почти в два раза выше, чем емкость МРД-КЛП, и составляет 1,10 и 1,98 ммоль/кг (табл. 1). Высокие значения констант адсорбционного взаимодействия k : 112 ед. при сорбции на МРД-КЛП и 46 ед. при

сорбции золота на ГЛНД-КЛП, характеризуют энергию взаимодействия ионов на общей поверхности твердой фазы. Рассчитанные значения энергии Гиббса, равные $\Delta G = -28,3$ кДж/моль при сорбции золота из солянокислых растворов на МРД-КЛ и $\Delta G = -26,2$ кДж/моль при сорбции на ГЛНД-КЛП, позволяют предположить, что соответствующие ионы устойчиво закрепляются на поверхности цеолита, сорбция проходит уверенно.

При расчетах, проведенных по адсорбционной теории Фрейндлиха (рис. 2, уравнение 2), получены коэффициенты корреляции R^2 , равные 0,939 при сорбции золота туфом МРД-КЛП и 0,907 при сорбции туфом ГЛНД-КЛП. Константа адсорбции Фрейндлиха зависит от природы адсорбента и адсорбата. Физический смысл константы заключается в том, что при равновесной концентрации, равной единице, она численно равна сорбционной емкости. Рассчитанные значения k' при сорбции на МРД-КЛП составляют $2,1 \cdot 10^{-3}$, а при сорбции на ГЛНД-КЛП – $5,2 \cdot 10^{-3}$ (табл. 1).

Таблица 1

Сорбционные характеристики поглощения ионов золота цеолитами Ягоднинского месторождения Камчатского края и Середочного месторождения Хабаровского края

Цеолит, месторождение	Уравнение Ленгмюра				ΔG , кДж/моль	Уравнение Фрейндлиха		
	A_{max} , ммоль/Г	k	R^2	R_L		n	k'	R^2
Ягоднинское	$1,10 \cdot 10^{-3}$	112	0,964	0,160	-28,3	3,66	$2,1 \cdot 10^{-3}$	0,939
Середочное	$1,98 \cdot 10^{-3}$	46	0,989	0,326	-26,2	2,26	$5,2 \cdot 10^{-3}$	0,907

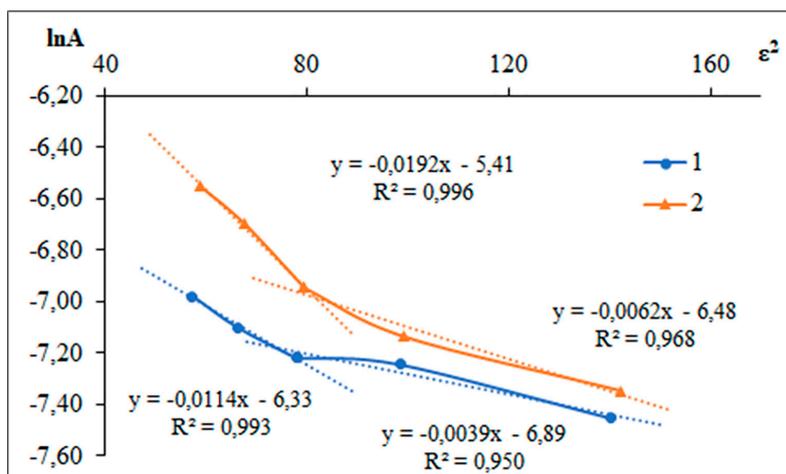


Рис. 3. Зависимость натурального логарифма сорбционной емкости от квадрата потенциала Поляни (модель Дубинина-Радушкевича): 1 – МРД-КЛП; 2 – ГЛНД-КЛП

Таблица 2

Сорбционные характеристики поглощения ионов золота цеолитами Ягоднинского месторождения Камчатского края и Середочного месторождения Хабаровского края (параметры модели Дубинина-Радушкевича)

Цеолит	C_0 , мг/л	A_{max} , ммоль/г	K_{DR} , моль ² /кДж ²	E , кДж/моль	R^2
МРД-КЛП	2–6	$1,02 \cdot 10^{-3}$	0,0039	11,3	0,950
	6–10	$1,78 \cdot 10^{-3}$	0,0114	6,62	0,993
ГЛНД-КЛП	2–6	$1,53 \cdot 10^{-3}$	0,0062	8,98	0,968
	6–10	$4,47 \cdot 10^{-3}$	0,0192	5,10	0,996

В отличие от моделей Ленгмюра и Фрейндлиха, модель Дубинина-Радушкевича позволяет определить характер взаимодействия адсорбата и адсорбента. Критерием является величина свободной энергии адсорбции E , которая связана с константой Дубинина-Радушкевича следующим уравнением:

$$E = \frac{1}{\sqrt{-2k_{DR}}}$$

По литературным данным [7] известно, что при низких значениях свободной энергии адсорбционного взаимодействия (<8 кДж/моль) наблюдается физическая адсорбция, при более высоких значениях (>8 кДж/моль) механизм адсорбции ионообменный. Практическое применение теории Дубинина-Радушкевича показало следующие результаты.

Как видно из графика, представленного на рисунке 3, зависимость $\ln A$ от ϵ^2 мультилинейна. Прослеживаются два участка, ко-

торые можно разграничить по диапазонам концентрации адсорбата. В таблице 2 представлены результаты графоаналитических расчетов по модели Дубинина-Радушкевича.

При сорбции из растворов, содержащих от 2 до 6 мг/л ионов золота, свободная энергия адсорбции на МРД-КЛП равна 11,32 кДж/моль, на ГЛНД-КЛП – 8,98 кДж/моль, что соответствует ионообменному механизму. При сорбции из растворов с содержанием золота от 6 до 10 мг/л свободная энергия адсорбции на МРД-КЛП составляет 6,62 кДж/моль, на ГЛНД-КЛП – 5,1 кДж/моль, что свидетельствует о физической адсорбции, вероятно, за счет порового пространства.

Заключение

Цеолиты Ягоднинского месторождения Камчатского края и Середочного месторождения Хабаровского края представляют собой перспективные сорбенты для извлечения из водных растворов ионов золота в диапазоне концентраций от 2 до 10 мг/л.

Рассчитанные константы в уравнениях Ленгмюра характеризуют взаимодействие ионов золота с поверхностью цеолитовых туфов, включая внутреннюю поверхность. Значения энергии Гиббса равны, кДж/моль: $\Delta G = -28,3$ и $\Delta G = -26,2$ для цеолитовых туфов Ягоднинского и Середочного месторождений соответственно.

Анализ экспериментальных данных с использованием модели Дубинина-Радушкевича показал, что в зависимости от исходной концентрации золота механизм сорбции различается. Так, в диапазоне концентраций от 2 до 6 мг/л преобладает ионообменный механизм, в диапазоне концентраций от 6 до 10 мг/л – механизм физико-химической сорбции.

Список литературы

1. Белова Т.П., Ратчина Т.И., Ершова Л.С. Сорбционное извлечение никеля из продуктивных растворов бактериально-химического выщелачивания кобальт-медно-никелевых

руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № S32. С. 303–309.

2. Камбарова Э.А., Гавриленко М.А., Бектенов Н.А. Модифицированные полиэтиленполиамином и эпоксидной смолой цеолиты для извлечения ионов свинца из сточных вод // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 1. С. 7–13. DOI: 10.18799/24131830/2021/1/2994.

3. Санжанова С.С., Зонхоева Э.Л. Очистка рудничных вод природными сорбентами // Вода: химия и экология. 2016. № 6 (96). С. 58–63.

4. Дампилова Б.В., Зонхоева Э.Л. Сорбция ионов золота природными цеолитами и цеолитовыми туфами // Теоретические и практические вопросы интеграции химической науки, технологии и образования. 2016. С. 57–66.

5. Belova T.P. The analysis of sorption extraction of boron and lithium from the geothermal heat-carriers // Proceedings World Geothermal Congress 2010 (Bali, Indonesia, 25–29 april 2010). 2010. P. 1–4

6. Шумилова М.А., Петров В.Г. Адсорбционные модели для описания равновесия в системе арсенит-ион – почва // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 4. С. 32–38.

7. Meroufel B., Benali O., Benyahia M., Zenasni M.A., Merlin A., George B. Removal of Zn (II) from Aqueous Solution onto Kaolin by Batch Design // Journal of Water Resource and Protection, 2013. Vol. 5. P. 669–680. DOI: 10.4236/jwarp.2013.57067.

ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ДОЛИНЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПЕЙ

¹Дорош Е.А., ²Тальгамер Б.Л.

¹ООО «СибЗолото», Иркутск, e-mail: egordoros3@mail.ru;

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск,
e-mail: talgamer@istu.edu

Промышленная добыча россыпного золота насчитывает вторую сотню лет. Еще в 1990 г. из россыпей в нашей стране добывалось 80% золота, что составляло 120 т. За многие годы эксплуатации россыпей отработаны наиболее богатые и благоприятные для разработки запасы, поэтому доля добычи золота из этих месторождений существенно снизилась. На протяжении последних 10 лет добыча золота из россыпей находится на уровне 65–79 т, что составляет в среднем 25% от общего количества добытого металла. Горнотехнические условия разработки и качество запасов ухудшаются, растет доля сложных для отработки и малорентабельных месторождений. Поэтому вопросы, связанные с рентабельным освоением россыпей, являются достаточно актуальными. Цель работы – определить влияние поперечного профиля долины на эффективность вскрышных работ и отвалообразование при разработке россыпей. В результате выполнения исследования определено влияние поперечного профиля речной долины на эффективность вскрышных работ и отвалообразование при разработке россыпей, предложен способ оценки трудности вскрышных работ и отвалообразования в узких долинах для бульдозерного способа и бестранспортной системы разработки. Значительное влияние поперечного профиля долины на производство вскрышных работ и отвалообразование наблюдается при бульдозерном способе и бестранспортной системе разработки. Это влияние можно оценить по данным геолого-разведочных работ с использованием коэффициента вместимости долины $K_{\text{вм}}$.

Ключевые слова: россыпные месторождения, открытый способ разработки, поперечный профиль долины, вскрышные работы, отвалообразование

INFLUENCE OF THE TRANSVERSE PROFILE OF THE VALLEY ON THE EFFICIENCY OF STRIPPING OPERATIONS IN THE DEVELOPMENT OF PLACERS

¹Dorosh E.A., ²Talgamer B.L.

¹SybZoloto LLC, Irkutsk, e-mail: egordoros3@mail.ru;

²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: talgamer@istu.edu

Industrial production of alluvial gold dates back to the second hundred years. Back in 1990 of the last century, 80% of gold was mined from placers in our country, which amounted to 120 tons. Over many years of placer exploitation, the richest and most favorable reserves for development have been worked out, so the share of gold production from these deposits has significantly decreased. Over the past 10 years, gold mining from placers has been at the level of 65–79 tons, which is an average of 25% of the total amount of mined metal. The mining technical conditions of development and the quality of reserves are deteriorating, the share of difficult-to-mining and unprofitable deposits is growing. Therefore, issues related to the cost-effective development of placers are quite relevant. The purpose of the work is to determine the effect of the transverse profile of the valley on the efficiency of stripping and stockpiling during the development of placers. As a result of the study, the influence of the transverse profile of the river valley on the efficiency of stripping operations and stockpiling during the development of placers was determined, a method was proposed for assessing the difficulty of stripping and stockpiling in narrow valleys for the bulldozer method and the non-transport development system. A significant influence of the transverse profile of the valley on the production of overburden and dumping is observed with the bulldozer method and the non-transport development system. This impact can be estimated from exploration data using the $K_{\text{вм}}$ valley capacity factor.

Keywords: alluvial deposits, open pit mining, transverse profile of the valley, stripping, dumping

За многолетний период эксплуатации россыпей были отработаны наиболее богатые и крупные месторождения различными способами (гидравлическим, подземным, дражным, открытым раздельным). Сегодня большая часть россыпей в стране разрабатывается открытым раздельным (60–90%) и дражным (5–15%) способами [1–3], а гидравлический и подземный способы используются в меньшей степени. Большая часть

балансовых запасов россыпей приходится на открытый раздельный (50–70%) и дражный (15–20%) способы разработки [4–6].

Горнотехнические условия залегания россыпей, разрабатываемых в настоящее время, достаточно сложные [7, 8]. Большая часть месторождений в различной степени поражена мерзлотой, обводнена, часть россыпей сильно валунистые, пески труднопромывистые [9–11]. Значительная доля

запасов относится к глубокозалегающим с большой мощностью вскрышных пород [12]. Несмотря на то что в эксплуатацию все чаще вводятся месторождения со сложными горно-геологическими и горнотехническими условиями залегания, в последние годы объемы добычи россыпного золота не снижаются, а в некоторых регионах даже растут [13, 14].

Вместе с тем многие горнодобывающие предприятия при вовлечении в эксплуатацию россыпей со сложными горнотехническими условиями залегания потерпели неудачу, а некоторые даже обанкротились.

На сегодняшний день имеется достаточно много классификаций горных пород и грунтов по трудности разработки (бури-мости, взрываемости, экскавации и т.д.), существуют различные классификации запасов, однако с их использованием не всегда удается правильно оценить трудность эксплуатации россыпи. Отсутствие критериев влияния некоторых горно-геологических и горнотехнических факторов на эксплуатацию запасов приводит к неточности прогнозирования экономических показателей разработки россыпей.

На практике для оценки трудности разработки россыпей используют, как правило, основные горно-геологические и горнотехнические параметры (объем запасов, мощности вскрыши и песков, содержание полезных компонентов, валунистость, глинистость, объем многолетней мерзлоты), при этом влияние поперечного профиля речной долины на выполнение вскрышных работ и отвалообразование, как правило, не учитывают.

В рамках данной статьи рассмотрено влияние поперечного профиля речной долины на выполнение вскрышных работ и отвалообразование при разработке россыпей бульдозерным способом, а также при бес-транспорной системе разработки.

Цель исследования – определить влияние поперечного профиля долины на эффективность вскрышных работ и отвалообразование при разработке россыпей.

Материалы и методы исследования

Материалами для исследования послужили данные о геолого-разведочных работах единого фонда геологической информации о недрах ФБГУ «Росгеолфонд», технические проекты на разработку месторождений полезных ископаемых проектного бюро «Горняк» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»), ООО «СибЗолото», ООО «Шилка».

Методы исследования: анализ параметров россыпей, моделирование горных работ, графоаналитический метод расчетов и оценки горнотехнических условий залегания запасов.

Довольно часто разработка балансовых запасов небольших россыпей осуществляется в узких речных долинах, имеющих V-образный или близкий к нему поперечный профиль, при котором затраты на производство вскрышных работ и отвалообразование возрастают значительно. Связано это с невозможностью размещения отвалов в необходимом объеме на примыкающих к бортам карьера площадях, что накладывает значительные ограничения на производство вскрышных работ. При этом большую часть вскрышных работ приходится выполнять экскаваторо-автотранспортным комплексом, что ведет к увеличению затрат и себестоимости конечной продукции.

На рисунке 1 представлены поперечные профили фрагмента погребенной россыпи руч. Александровский. Сечение речной долины имеет V-образную достаточно симметричную форму, под речными отложениями залегают погребенный древний тальвег ручья с хорошо сформированным корытообразным профилем.

Основные горно-геологические и горнотехнические параметры руч. Александровский, влияющие на производство вскрышных работ, следующие: средняя мощность торфов – 5,5 м, средняя ширина россыпи – 46 м, валунистость россыпи 16%, мерзлотой поражено 77,4% торфов и 100% песков.

Учитывая параметры россыпи, представленные выше, лучшим вариантом для производства вскрышных работ можно назвать бульдозерный способ разработки, так как одна машина может осуществлять очистку полигона, подготовку мерзлых торфов к выемке, разработку и транспортирование торфов, отвалообразование. Однако с учетом параметров современного рельефа можно заметить, что использовать для производства вскрышных работ бульдозерный способ разработки крайне сложно. Связано это с техническими характеристиками бульдозеров и возможностью формировать отвал под углом не более $20\text{--}23^\circ$ [15, с. 72; 16 с. 125], а также поперечными параметрами россыпи и долины: средней шириной балансовых запасов 46 м при ширине поймы 10–25 м, достаточно крутыми склонами речной долины $13\text{--}26^\circ$.

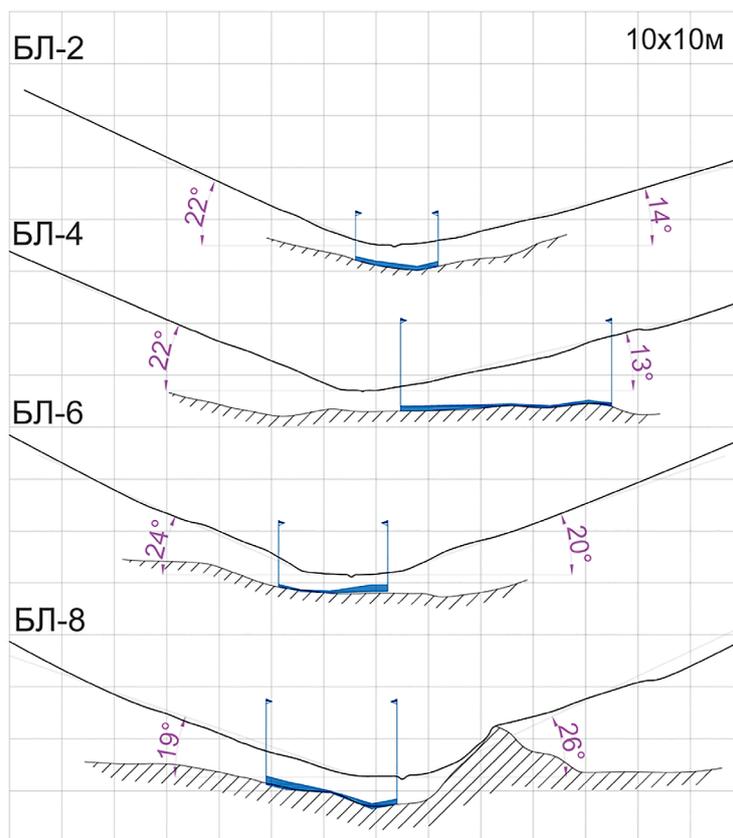


Рис. 1. Поперечные геологические разрезы по буровым линиям (БЛ) на участке россыпи руч. Александровский (Бодайбинский р-н Иркутской обл.)

Сложность размещения вскрышных отвалов на склонах речной долины бульдозером накладывает ограничения на этот способ разработки. Если при бульдозерном способе одна машина может выполнить все основные горно-подготовительные процессы, то при экскаваторной экскавации бульдозер будет осуществлять только очистку полигона, подготовку мерзлых пород к выемке, окучивание вскрыши в навал (для экскаватора) и формирование автоотвала. Для экскавации и транспортирования пород вскрыши придется дополнительно подключать экскаваторно-автотранспортный комплекс. В этом случае вскрышные работы будут осуществляться комбинированным способом бульдозером + экскаваторо-автотранспортным комплексом, а отвалы вскрышных работ будут автотранспортные с бульдозерной планировкой. Затраты при этом значительно возрастут.

В конкретном примере осложняющим фактором является наличие многолетней мерзлоты, что накладывает ограничение на применение одной лишь транспортной системы разработки. Получается, что ре-

льеф местности не позволяет эффективно использовать бульдозерный способ разработки, а применение одной лишь транспортной системы разработки без предварительной подготовки пород к выемке невозможно из-за многолетней мерзлоты.

На россыпи руч. Александровский отчетливо проявляется негативное влияние параметров поперечного профиля речной долины на производство вскрышных работ и отвалообразование.

Результаты исследования и их обсуждение

При разработке россыпных месторождений открытым раздельным способом производство вскрышных работ осуществляют, как правило, бульдозерным способом с применением мощной землеройно-транспортной техники, бестранспортной системой разработки с использованием драглайнов, транспортной системой разработки с применением экскаваторно-автотранспортного комплекса.

Наибольшее влияние поперечного профиля долины на отвалообразование отмечается при бульдозерном способе и бестран-

спортной системе в связи с необходимостью размещения отвалов на примыкающей к карьеру площади. При транспортной системе влияние поперечного профиля долины не столь критично в связи с возможностью размещать отвалы на значительном расстоянии от карьера либо в выработанном пространстве.

Производство вскрышных работ и отвалообразование – процессы взаимосвязанные, поэтому и рассматривать влияние различных факторов на эти процессы необходимо вместе.

Бульдозерная разработка россыпных месторождений получила широкое применение с 1940-х годов при разработке многолетнемерзлых россыпей и с 1960-х годов при разработке талых россыпей (главным образом на добычных работах). Увеличение объемов бульдозерной разработки обеспечивалось, с одной стороны, ростом мощности базовых тракторов, с другой – технологическими преимуществами бульдозерной разработки [17, с. 243–246; 18, с. 26–31].

При бульдозерном способе вскрышных работ бульдозер используется как основная выемочная и транспортирующая машина и является единственным звеном механизации вскрышных работ. При этом процесс отвалообразования выполняется тем же бульдозером, а цикл работ выглядит следующим образом: 1) разработка грунта резанием; 2) транспортирование грунта; 3) отвалообразование – разгрузка и укладка пород, планировка. Как правило, на россыпях используются тяжелые бульдозеры, способные развивать достаточное тяговое усилие для подрезки и перемещения пород.

Рациональная глубина вскрышных работ при бульдозерном способе составляет от 4 до 8 м [19] (при разработке целиковых россыпей) и зависит от множества факторов. Неоспоримым преимуществом бульдозерного способа разработки служит возможность послойной разработки пород

на большой площади, что является преимуществом при разработке мерзлых россыпей (обнажение больших площадей для их оттайки и последующей послойной разработки). Помимо этого, имеется возможность устанавливать на бульдозеры навесные рыхлители и осуществлять механическое рыхление мерзлых пород.

Вскрышные работы при разработке россыпей бульдозерным способом, как правило, осуществляют с созданием сплошного пологого выезда, реже – косоугольного выезда, отдельными выездами, канавами, котлованами, без проведения выработок [17, с. 294–305]. При этом значительное влияние на техническую производительность бульдозеров оказывает уклон местности. Сегодня известные следующие зависимости коэффициента учета влияния уклона рельефа местности на техническую производительность бульдозера (табл. 1).

Производительность бульдозера увеличивается во время его движения под уклон и уменьшается при движении на подъем. Из таблицы 1 следует, что при 10-градусном уклоне производительность машины почти удваивается, а при работе на таком же подъеме снижается тоже почти вдвое.

Стоит отметить, что в зависимости от тягового класса бульдозера максимальные уклоны, преодолеваемые бульдозерами, составляют с наполненным отвалом на подъем 15–23°, с порожним отвалом 35–40°, при спуске в обоих случаях 45°.

Из данных, представленных выше, можно сделать вывод, что применение бульдозеров на вскрышных работах рационально при поперечном уклоне рельефа местности от –20° до +10°. При выборе способа производства вскрышных работ важнейшим фактором является возможность размещения вскрышных пород на прилегающих к карьеру площадях; отсутствие такой возможности полностью исключает использование бульдозерного способа разработки.

Таблица 1

Значения коэффициента учета влияния уклона рельефа местности K_y при перемещении бульдозера

Положительный угол наклона местности, град	K_y	Отрицательный угол наклона местности, град	K_y
0–5	1–0,67	0–5	1–1,33
5–10	0,67–0,5	5–10	1,33–1,94
10–15	0,5–0,4	10–15	1,94–2,25
–	–	15–20	2,25–2,6

Достаточно часто возникают случаи, когда предварительный выбор способа производства вскрышных работ, осуществленный с учетом основных горно-геологических и горнотехнических факторов, был выполнен некорректно, так как не рассматривалось влияние рельефа местности на возможность размещения отвалов.

Ниже предложена формула (1) для расчета коэффициента вместимости долины $K_{\text{вм}}$. Благодаря этому коэффициенту можно предварительно оценить условия размещения торфов на прилегающих к карьеру площадях при производстве вскрышных работ бульдозерным способом.

Все исходные данные для расчета могут быть получены уже на стадии поисков и оценки.

Подготовка данных и порядок расчета коэффициента вместимости долины $K_{\text{вм}}$:

1) выявление потенциально проблематичных для размещения вскрыши участ-

ков россыпи по топографическим планам и поперечным геологическим профилям;

2) сбор горно-геологических характеристик, влияющих на возможность размещения отвалов на прилегающих площадях, таких как средняя ширина балансовых запасов, средняя мощность торфов, коэффициент разрыхления пород вскрыши;

3) выбор предельной высоты бульдозерного отвала для оценки вместимости долины, обозначения этой границы на всех геологических разрезах выбранного участка россыпи;

4) измерение углов склонов долины в выбранной для оценки области;

5) обоснование углов откосов вскрышного уступа и отвалов для оценки вместимости последних.

6) расчет коэффициента вместимости долины $K_{\text{вм}}$;

7) анализ результатов.

Расчетная схема представлена на рисунке 2.

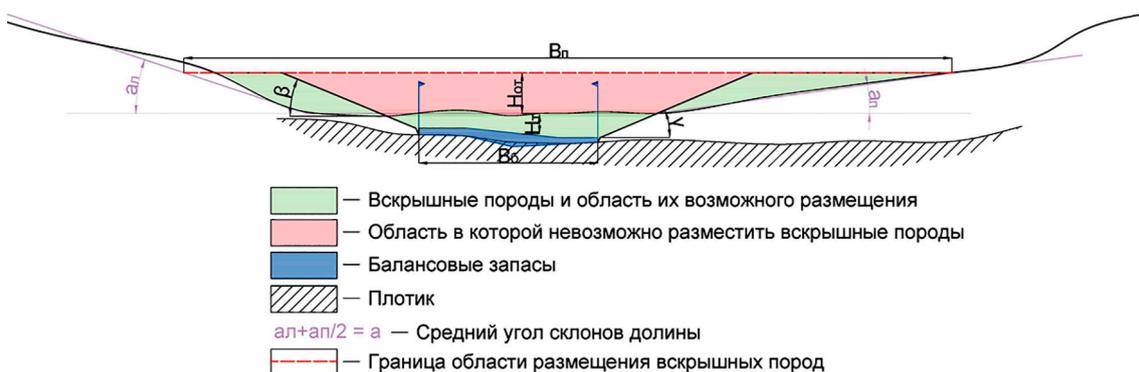


Рис. 2. Схема к расчету $K_{\text{вм}}$: $H_{\text{т}}$ – средняя мощность торфов, м; γ – угол откоса вскрышного уступа, м; $H_{\text{от}}$ – принятая для оценки вместимости долины высота вскрышного отвала, м; β – угол откоса отвала, град.; a – средний угол склонов долины, град.; $B_{\text{п}}$ – ширина участка долины, пригодного для размещения отвалов, град.; $B_{\text{б}}$ – средняя ширина балансовых запасов, м

Коэффициент вместимости долины $K_{\text{вм}}$ при бульдозерном способе разработки:

$$K_{\text{вм}} = \frac{H_{\text{от}} \cdot (B_{\text{п}} - B_{\text{б}} - ((H_{\text{т}} \cdot \text{ctg}\gamma) \cdot 2) - (H_{\text{от}} \cdot \text{ctg}\beta) - (H_{\text{от}} \cdot \text{ctg}a))}{H_{\text{т}} \cdot (B_{\text{б}} + (H_{\text{т}} \cdot \text{ctg}\gamma)) \cdot K_{\text{р}}}, \quad (1)$$

где $H_{\text{от}}$ – принятая для оценки вместимости долины высота вскрышного отвала, м;

$H_{\text{т}}$ – средняя мощность торфов, м;

γ – угол откоса вскрышного уступа, град.;

β – угол откоса отвала, град.;

a – средний угол склонов долины, град.;

$B_{\text{п}}$ – ширина участка долины, пригодного для размещения отвалов, м;

$B_{\text{б}}$ – средняя ширина балансовых запасов, м;

$K_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления пород.

В результате расчета получаем числовое значение, которое показывает, какой объем вскрышных пород может вместить в себя долина. При этом определяющее значение имеет величина $H_{от}$ – высота вскрышного отвала, принятая для оценки вместимости долины. Обоснование высоты бульдозерного отвала должно происходить с учетом технических возможностей бульдозеров и условий их безопасной работы. Как правило, при использовании тяжелых бульдозеров $H_{от}$ обычно составляет от 8 до 15 м и редко превышает эти значения.

Анализ результатов расчетов показывает, что с увеличением значения $K_{вм}$ условия складирования торфов существенно улучшаются (табл. 2).

Таблица 2

Обобщение результатов расчета $K_{вм}$

Значение $K_{вм}$	Обобщение результатов расчета
$K_{вм} < 1$	Использование бульдозерного способа производства вскрышных работ нерационально
$1 \leq K_{вм} \leq 2,5$	Использование бульдозерного способа производства вскрышных работ значительно осложнено
$2,5 \leq K_{вм} \leq 4$	Использование бульдозерного способа производства вскрышных работ осложнено
$4 \leq K_{вм}$	Благоприятные условия для использования бульдозерного способа производства вскрышных работ

Стоит отметить, что, как правило, на прилегающих к карьере площадях, помимо отвалов, размещают руслоотводные каналы, и при получении $K_{вм}$ меньше 2,5 успешное размещение в долине и руслоотводной канавы и отвалов вряд ли возможно.

Пример расчета $K_{вм}$ для верхнего течения россыпи руч. Омур-Юрях представлен на рисунке 3.

Коэффициент вместимости участка долины $K_{вм}$ в верхнем течении руч. Омур-Юрях, рассчитанный по формуле 1, составил 1,3, а полученный графоаналитическим способом – 1,5, разница составила 15%. Точность расчета по указанной выше формуле варьируется от 5 до 30%, что связано в большей степени с усреднением углов склонов долины, в меньшей степени – с рельефом местности, который не имеет строгих геометрических форм. Полученный коэффициент $K_{вм} = 1,3$ соответствует сложным условиям, при которых производство вскрышных работ бульдозерным способом будет нерационально.

Для россыпи среднего течения руч. Омур-Юрях (рис. 4) с принятой высотой вскрышного отвала $H_{от} = 10$ м, средней мощностью торфов $H_t = 4,0$ м, углом откоса вскрышного уступа $\gamma = 23^\circ$, углом откоса отвала $\beta = 23^\circ$, средним углом склонов долины $\alpha = 5,5^\circ$, шириной, пригодной для размещения отвалов, $V_n = 390,5$ м, средней шириной балансовых запасов $V_6 = 80,7$ м, коэффициентом разрыхления пород $K_p = 1,3$ коэффициент вместимости долины $K_{вм}$ составил 3,5.

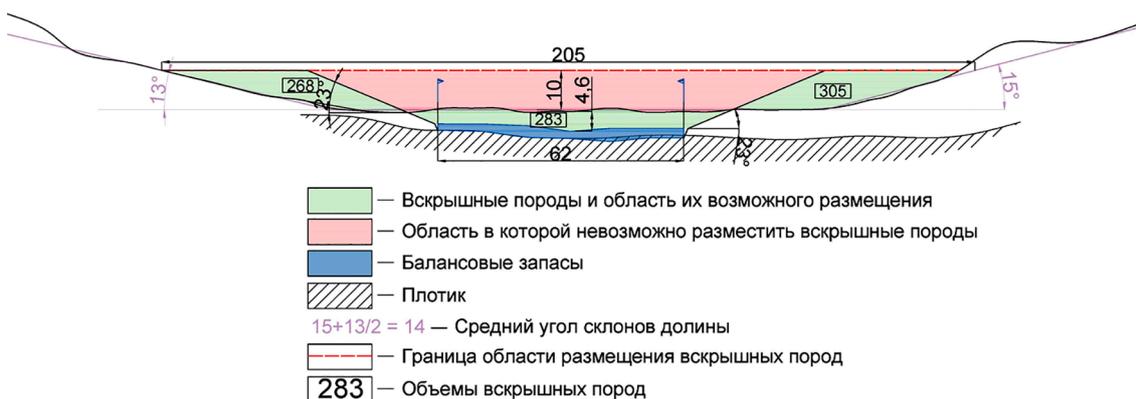


Рис. 3. Схема к расчету $K_{вм}$ для россыпи в верхнем течении руч. Омур-Юрях (Бодайбинский р-н Иркутской обл.): $H_{от} = 10$ м – принятая для оценки вместимости долины высота вскрышного отвала; $H_t = 4,6$ м – средняя мощность торфов; $\gamma = 23^\circ$ – угол откоса вскрышного уступа; $\beta = 23^\circ$ – угол откоса отвала; $\alpha = 14^\circ$ – средний угол склонов долины; $V_n = 205$ м – ширина долины, пригодная для размещения отвалов; $V_6 = 62$ м – средняя ширина балансовых запасов

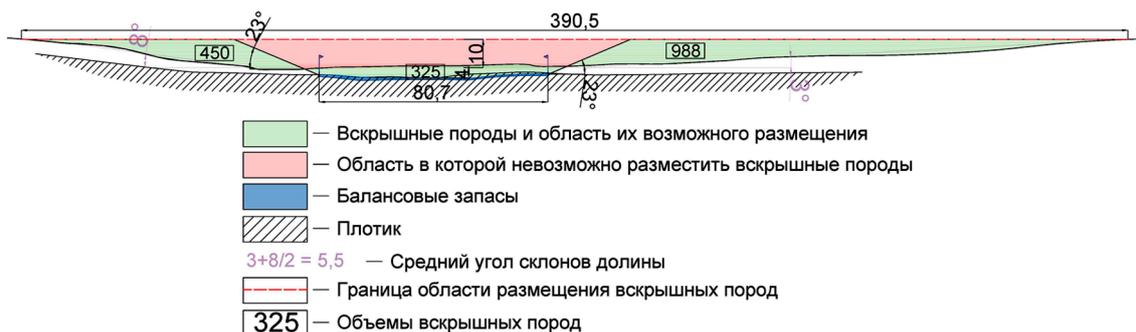


Рис. 4. Схема к расчету $K_{\text{вм}}$ для россыпи в среднем течении руч. Омур-Юрях (Бодайбинский р-н Иркутской обл.)

Коэффициент вместимости участка долины $K_{\text{вм}}$ среднего течения руч. Омур-Юрях, рассчитанный по формуле 1, составил 3,479, а полученный графоаналитическим способом – 3,404, разница составила 2,2%. Полученный коэффициент $K_{\text{вм}}$ соответствует нормальным условиям, при которых производство вскрышных работ бульдозерным способом не будет осложнено.

Бестранспортные системы разработки применяются, как правило, при разработке горизонтальных и пологих (до 12°) пластовых (мощностью обычно до 30 м) залежей полезных ископаемых и получили широкое распространение при разработке угольных, а также талых россыпных месторождений. При данной системе вскрышные породы перемещаются в отвалы экскаваторами – драглайнами, реже мехлопатами.

Достоинствами бестранспортных систем разработки являются: низкая себестоимость вскрышных работ (в 2–10 раз меньше, чем при транспортной системе); высокая производительность труда; относительно невысокая металлоемкость оборудования. Основным недостатком бестранспортной системы разработки является ограниченность применения, обусловленная горнотехническими условиями залегания запасов, в первую очередь мощностью пласта и прикрывающих его вскрышных пород [20–22].

Выделяют две разновидности бестранспортной системы разработки: основную, при которой вскрышные и добычные работы обособлены, и «экскаватор – карьер», где они объединены. В основной бестранспортной системе разработки схемы вскрышных работ делятся на простые и усложненные. Простые схемы – без перевалки вскрышных пород (переэкскавации) – применяются на участках и месторождениях с мощно-

стью пустых пород не более 15–30 м, усложненные – с одной или несколько перевалками части или всего объема первичного отвала (с переэкскавацией) при мощности пустых пород не более 30–40 м.

Ниже представлена формула (2) расчета коэффициента вместимости долины $K_{\text{вм}}$ при бестранспортной системе разработки.

Расчетная схема представлена на рисунке 5.

Обоснование высоты бестранспортного отвала $H_{\text{от}}$ должно происходить с учетом технических возможностей драглайнов и условий безопасной работы.

Ниже представлен пример расчета $K_{\text{вм}}$ при бестранспортной системе разработки участка россыпи руч. Безымянный с использованием драглайна ЭШ-5/45. Здесь принята для оценки вместимости долины высота вскрышного отвала (исходя из технических возможностей драглайна ЭШ-5/45) $H_{\text{от}} = 19,5$ м, средняя мощность торфов $H_{\text{от}} = 11$ м, угол откоса вскрышного уступа $\gamma = 45^\circ$, угол откоса отвала $\beta = 37^\circ$, средний угол склонов долины $\alpha = 21^\circ$, ширина участка долины, пригодного для размещения отвалов, $V_{\text{п}} = 286$ м, общая ширина технологических площадок, брем $V_{\text{т}} = 10 + 10 = 20$ м, средняя ширина балансовых запасов $V_{\text{б}} = 32$ м, коэффициент разрыхления пород $K_{\text{р}} = 1,3$, коэффициент, учитывающий наличие пустого пространства между отвалами, $K_{\text{о}} = 0,7$.

Коэффициент вместимости долины руч. Безымянный $K_{\text{вм}}$, рассчитанный по формуле 2, составил 3,0, а полученный графоаналитическим способом – 3,188, разница составила 5,8%. Полученный коэффициент $K_{\text{вм}}$ соответствует нормальным условиям, при которых производство вскрышных работ бестранспортным способом с использованием ЭШ-5/45 не будет осложнено.

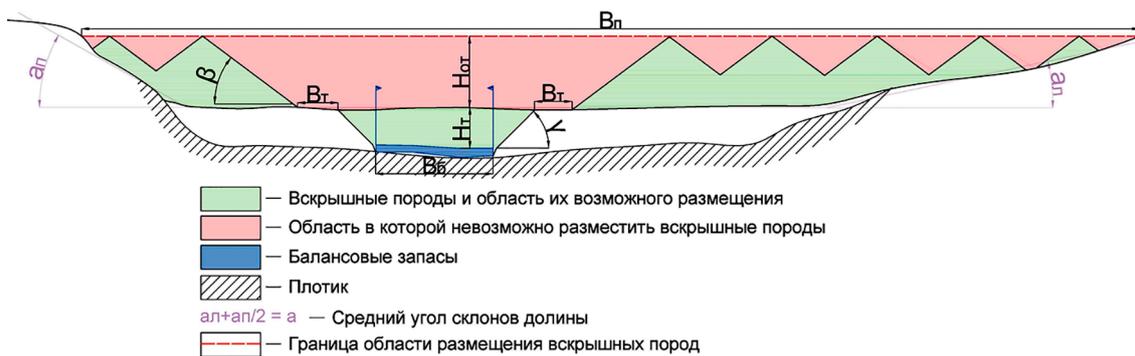


Рис. 5. Схема к расчету $K_{вм}$ при бестранспортной системе разработки: H_t – средняя мощность торфов, м; γ – угол откоса вскрышного уступа, м; $H_{от}$ – принятая для оценки вместимости долины высота вскрышного отвала, м; β – угол откоса отвала, град.; a – средний угол склонов долины, град.; B_p – ширина участка долины, пригодного для размещения отвалов, м; $B_б$ – средняя ширина балансовых запасов, м; B_t – общая ширина технологических площадок, берм, м

Коэффициент вместимости долины $K_{вм}$ при бестранспортной системе разработки:

$$K_{вм} = \frac{H_{от} \cdot (B_p - B_t - B_б - ((H_t \cdot ctg\gamma) \cdot 2) - (H_{от} \cdot ctg\beta) - (H_{от} \cdot ctg\alpha) \cdot K_о}{H_t \cdot (B_б + (H_t \cdot ctg\gamma)) \cdot K_p}, \quad (2)$$

где $K_о$ – коэффициент, учитывающий наличие пустого пространства между отвалами, значения которого варьируются от 0,5 (при условии расположения отвалов на расстоянии, когда соприкасаются только основания отвалов) до 0,8 (при значительном количестве переэкскавации).

Коэффициент вместимости долины $K_{вм}$ руч. Безымянный при бульдозерном способе разработки, рассчитанный по формуле 1, составил 1,347, а полученный графоаналитическим способом – 1,249, разница составила 7,8%. Полученный коэффициент $K_{вм}$ соответствует сложным условиям, при которых производство вскрышных работ бульдозерным способом будет нерационально.

Сравнение бульдозерного и бестранспортного способов при производстве вскрышных работ не совсем уместно из-за различия горнотехнических условий, при которых их применяют. Однако применительно к разработке талых россыпей в узких долинах с мощностью торфов до 10–12 м неоспоримое преимущество будет у бестранспортной системы разработки, которая благодаря техническим возможностям драглайнов позволяет эффективно размещать вскрышные породы в более высокие отвалы, тем самым лучше использовать прилегающие к карьеру площади.

В данном случае, используя коэффициент вместимости долины $K_{вм}$, можно предвари-

тельно обосновать выбор бестранспортной системы производства вскрышных работ.

Выводы

1. При бульдозерном и бестранспортном способах производства вскрышных работ на россыпях значительное влияние на их эффективность оказывает поперечный профиль долины.

2. Влияние поперечного профиля долины на производство вскрышных работ и отвалообразование можно установить по данным геолого-разведочных работ с использованием коэффициента вместимости долины $K_{вм}$, который позволяет предварительно оценить трудность размещения отвалов и обосновать способ вскрышных работ в узких долинах.

3. При разработке талых россыпей с мощностью торфов от 4 до 12 м в узких речных долинах наиболее эффективным исходя из условия размещения вскрышных пород на прилегающих к карьеру площадях является бестранспортный способ разработки, который эффективнее бульдозерного способа в 1,5–3 раза.

Список литературы

1. Ермаков С.А., Потехин А.В. Анализ применяемых способов разработки и оборудования на россыпных месторождениях Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 7. С. 218–224.

2. Волков А.В. Золотые перспективы Иркутской области // Золото и технологии. 2017. № 4 (38). С. 118-127.
3. Тальгамер Б.Л., Тютрин С.Г., Ершов В.А. Состояние и перспективы дражной золотодобычи в Иркутской области // Золотодобыча. 2016. №12 (217). С. 11-15.
4. Дорош Е.А., Тальгамер Б.Л. Анализ запасов золота в Иркутской области и обоснование направлений развития способов разработки россыпей // Науки о земле и недروпользование. 2022. № 3. С. 118-127.
5. Курторгин В. И., Сапрыкин А.А., Джобадзе В.А., Тарасов А.С. Перспективы резервного фонда минерально-сырьевой базы россыпного золота // Руды и металлы. 2008. № 4. С. 9-15.
6. Состояние и перспективы развития золотодобывающей промышленности Республики Саха (Якутия) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 2. С. 45-50.
7. Дорош Е.А., Тальгамер Б.Л. Оценка перспектив развития россыпной золотодобычи в России // «Геонауки» – 2021: материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Иркутск: Издательство Иркутского национального исследовательского института, 2021. С. 58-66.
8. Бураков А.М., Ермаков С.А., Касанов И.С. Особенности горнотехнических условий разработки россыпных месторождений Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 7. С. 190-198.
9. Литвинова Н.М., Александрова Т.Н., Александров А.В., Богомяков Р.В. Разработка эффективных способов снижения потерь золота при обогащении глинистых россыпей Хабаровского края // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 2. С. 182-190.
10. Кисляков В.Е., Казакова О.Ю. Исследование снижения естественной влажности песков при разработке глинистых россыпей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 3. С. 81-86.
11. Хрунина Н.П., Чебан А.Ю. Совершенствование процессов разработки высокоглинистых песков золотоносных россыпей // Системы. Методы. Технологии 2013. № 3 (19). С. 167-170.
12. Михайленко Г.Г., Зинченко А.И. Повышение эффективности разработки открытым способом глубокозалегающих россыпей криолитозоны северо-востока // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № S4. С. 15-26.
13. Производство золота в России // Золотодобыча. Иркутск: Иргиредмет, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://zolotodb.ru/article/10922> (дата обращения: 13.05.2023).
14. Лаломов А.В., Владимирцева О.В., Бочнева А.А. Роль россыпных месторождений золота в РФ // Золото и технологии. 2023. № 4. URL: https://zolteh.ru/regions/rol_rossyynykh_mestorozhdeniy_v_zolotodobyvayushchey_promyshlennosti_rossii_po_materialam_doklada_na/ (дата обращения: 03.07.2023).
15. Шорохов С. М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных. М.: Недра, 1973. 768 с.
16. Суслин Г.А. Техника и технология разработки россыпей открытым способом. М.: Недра, 1974. 732 с.
17. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений. М.: Горная книга, 2007. 906 с.
18. Емельянов А.И. Технология бульдозерной разработки вечномерзлых россыпей. М.: Недра, 1976. 287 с.
19. Дорош Е.А., Тальгамер Б.Л. Обоснование глубины вскрышных бульдозерных работ при разработке глубоких россыпей // Известия сибирского отделения секции наук о земле российской академии естественных наук. геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2019. № 1 (66). С. 55-63.
20. Нечаев К.Б. Обоснование технологии разработки глубоких россыпей драглайнами. дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2015. 152 с.
21. Аленичев В.М., Аленичев М.В., Саканцев Г.Г. Отработка глубоких россыпей с применением бестранспортной системы разработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 9. С. 48-54.
22. Дудинский Ф.В., Нечаев К.Б. Обоснование технологии освоения глубоких россыпей с управлением последовательностью развития горных работ // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 6. С. 43-48.

УДК 556:621.316
DOI 10.17513/use.38077

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

¹Мокаев А.Р., ^{1,2}Носков М.Ф., ¹Курленко К.П.

¹ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Саяно-Шушенский филиал, Саяногорск,
e-mail: alimmokaev777@gmail.com;

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», Новосибирск

В данной статье рассматривается перспективность использования гибридных энергетических комплексов с применением ВИЭ для электроснабжения децентрализованных систем. Рассмотрены основные проблемы, которые связаны с традиционными источниками энергии, в первую очередь это конечность их ресурсов и их экологическое воздействие на окружающую среду. Приведены предпосылки для развития возобновляемых источников энергии. Приведена динамика стоимости электроэнергии от солнечных и ветряных электростанций в 2009–2020 гг., по которой видно, что удельные затраты за МВт мощности с 2009 г. уменьшились в несколько раз. Рассмотрена перспективность и эффективность использования автономных систем электроснабжения, основные функции микросистем. Представлена структурная схема гибридного энергетического комплекса, состоящего из малой ГЭС, дизельной станции и ветроустановок. В качестве объекта исследования был рассмотрен поселок Усть-Камчатск, расположенный в изолированном энергорайоне, для которого приведены основные характеристики энергоузла. Приведены результаты расчетов предполагаемой выработки гибридного энергетического комплекса, рассчитаны коэффициенты использования установленной мощности для каждого вида генерации, рассчитан объем экономии дизельного топлива за счет использования энергии возобновляемых источников. Определены основные параметры и состав гибридного энергетического комплекса для электроснабжения п. Усть-Камчатск. Приведены итоги от использования гибридных энергетических комплексов на базе ВИЭ в изолированных энергорайонах. Основной проблемой использования возобновляемых источников энергии является их непредсказуемость. Для решения данной проблемы в нынешних условиях развития науки и техники применяются литий-ионные аккумуляторы. В будущем для решения этой проблемы предлагается использовать системы накопления энергии на основе водорода.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, автономные энергетические комплексы, малая генерация, фотоэлектрическая станция, ветряная станция, распределенная генерация

THE POTENTIAL USE OF HYBRID ENERGY COMPLEXES BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

¹Mokaev A.R., ^{1,2}Noskov M.F., ¹Kurlenko K.P.

¹Siberian Federal University, Sayano-Shushensky branch, Sayanogorsk,
e-mail: alimmokaev777@gmail.com;

²Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk

This article considers the prospects of using hybrid power complexes based on renewable energy sources for power supply of decentralised systems. The main problems connected with traditional energy sources are considered, first of all they have finite resources and their ecological impact on environment. Prerequisites for development of renewable energy sources are given. The dynamics of cost of the electric power from solar and wind electro stations in 2009–2020 is resulted, on which it is visible, that specific expenses for MW of capacity have decreased in several times since 2009. The prospects and efficiency of using autonomous power supply systems and the main functions of microsystems are considered. The structural diagram of hybrid energy complex consisting of small hydropower plant, diesel power plant and wind power plants is presented. The Ust-Kamchatsk settlement located in the isolated energy district was considered as an object of research. The basic characteristics of the power unit are given for it. The results of calculations of the presumed output of a hybrid energy complex are given, and the coefficients of use of the installed capacity for each type of generation are calculated. The volume of diesel fuel saving due to the use of renewable energy sources is also calculated. The basic parameters and structure of a hybrid power complex for power supply of Ust-Kamchatsk settlement are defined. The results, from use of hybrid power complexes on the basis of renewed energy sources in the isolated power districts are resulted. The main problem of use of renewable energy sources is their unpredictability. Lithium-ion batteries are used to solve this problem in the current development of science and technology. Hydrogen-based energy storage systems are proposed for the future to solve this problem.

Keywords: renewable energy, autonomous energy complexes, small-scale generation, photovoltaic plant, wind farm, distributed generation

На сегодняшний день основные проблемы энергетики связаны со стремительным ростом народонаселения Земли, увеличивающимся загрязнением окружающей среды, дефицитом энергии и ограниченностью

топливных ресурсов. В настоящее время в энергетической отрасли преобладает энергетика на топливной основе. Примерно 90% имеющихся видов топлива – химическое топливо на основе природных ископа-

емых. Такие ископаемые, как уголь, нефть, газ и продукты их переработки, являются исчерпаемыми, то есть могут закончиться.

Если рассматривать экологические аспекты планеты, то преобладание топливной энергетики над возобновляемыми источниками энергии негативно влияет на экологию отдельных районов и планеты в целом. Учитывая постоянное увеличение потребности в традиционных источниках энергии, можно предположить, что глобальное потепление будет все активнее. Причиной потепления является парниковый эффект. В свою очередь, парниковый эффект возникает из-за чрезмерных выбросов углекислого газа, который выбрасывается в атмосферу в конце цикла работы тепловых станций. Имеющиеся дорогостоящие очистительные сооружения на тепловых электростанциях не справляются с выбрасываемыми оксидов серы и азота. Атомные электростанции более опасны, выбрасывая около 26 т радиоактивных отходов в день. Огромную опасность атомные ЭС представляют для человечества, имея риски аварий. Все это вызывает справедливую тревогу экологов и ведет к необходимости перехода на новый технологический уровень, обеспечивающий существенно более высокие показатели эффективности. В современной энергетической системе наблюдается дефицит электроэнергии, несмотря на значительные усилия и затраты. Связано это с тем, что количество территорий с децентрализованным электроснабжением достигает порядка 63%. В Российской Федерации существует необходимость обеспечения автономного энергообеспечения для потребителей, проживающих в отдаленных районах, где отсутствуют энергосети или электроснабже-

ние непостоянно по разным причинам. Эта проблема особенно актуальна для малых городов и поселков. Организация автономного энергообеспечения является неотъемлемой частью развития таких территорий [1, с. 119–123].

Исследования показывают, что промышленные гибридные энергетические комплексы являются действенным способом перехода от традиционных источников энергии к энергосистеме с высокой долей возобновляемых источников энергии.

Гибридный энергетический комплекс (ГЭК) представляет собой сочетание установок для производства электрической энергии, включающее в себя два или более источников, объединенные в рамках единого технологического процесса [2, с. 11–17].

Стоимость электрической энергии, получаемой из Единой энергетической системы России, для многих промышленных потребителей приближается к стоимости энергоснабжения от собственных генерирующих мощностей (включая стоимость их строительства), что в том числе приводит к развитию распределенной генерации и уходу потребителей от централизованного энергоснабжения. По этой причине виден постоянный рост тарифов на электрическую и тепловую энергию, что приводит к тому, что потребители в большей мере задумываются о собственной генерации. На рис. 1 приведена динамика снижения стоимости электроэнергии, получаемой от солнечных и ветряных электростанций.

Непостоянство источников энергии (солнца и ветра) добавило «вероятностную» составляющую к выработке электрической энергии к уже имеющейся в составе спроса на электроэнергию.

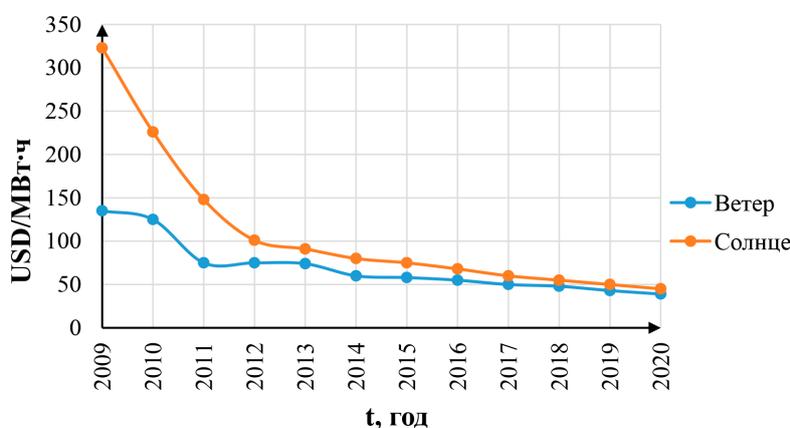


Рис. 1. Динамика приведенной стоимости электроэнергии (LCOE) от солнечных и ветряных электростанций в 2009–2020 гг., USD/MWh-ч

Учитывая то, что потребление электроэнергии является непостоянным, для обеспечения устойчивой работы энергосистемы требуется дополнительное повышение гибкости.

Гибкость энергосистемы, как показывает зарубежный опыт, может обеспечиваться газотурбинными установками, обладающими высокой маневренностью [3, с. 221–226]. Но тогда не обеспечивается нужная экологичность, так как имеются продукты распада в процессе работы данных установок. Еще одним способом, позволяющим снизить «непредсказуемую» составляющую генерации, является использование систем накопления энергии (СНЭ).

Рассматривая микроэнергосистемы как источники гибкости, можно обеспечить функции сервисов гибкости, к которым относятся:

- управление спросом;
- обеспечение аварийного и третичного резерва мощности;
- регулирование нагрузки;
- регулирование уровня напряжения и компенсация реактивной мощности.

Производство электроэнергии из возобновляемых источников энергии имеет небольшую практическую эффективную мощность со значительными колебаниями мощности и неконтролируемостью процессов. В обеспечение минимизации колебаний мощности, выравнивания графика генерации требуется координация действий с другими формами энергии, например малой ГЭС. Это способствует сокращению пиков и заполнения провалов.

Преимущества малых ГЭС выражены в том, что вырабатывается сравнительно малое, но требуемое количество электроэнергии. Гидротехнические сооружения не затрудняют в строительстве, так как чаще всего представляют собой низконапорное сооружение или деривационный канал с подводом к станционной части. Возможна полная автоматизация процесса. Сезонный характер при выработке электроэнергии, а именно заметные спады в зимний период, приводит к пользованию малой гидроэнергетики как резервной или дублирующей генерирующей мощности или составной частью энергоком-

плекса [4, с. 128–132]. Обеспечивая высокую маневренность, установки ГЭС помогут в снижении влияния непрогнозируемых колебаний графика генерации ВИЭ. После указанных мероприятий ожидается повышение энергоэффективности ГЭС при помощи генерации на ВИЭ.

Из вышеизложенного следуют тезисы о перспективах использования МГЭС:

1. Устранение энергодефицита в изолированных районах.
2. Уменьшение затрат на привозное топливо за счет его частичной замены «чистой» электроэнергией.
3. Строительство объектов в короткие сроки.

Гибридные энергетические системы в основном объединяют несколько различных источников возобновляемой энергии. Например, солнечные батареи, мини-ГЭС и другие устройства для хранения энергии предназначены для обеспечения электрической энергией различных объектов. Кроме того, в состав таких систем могут входить источники тепловой энергии, такие как биогазовые установки и солнечные тепловые коллекторы, а также источники на органическом топливе, например, дизель-генераторы, которые могут использоваться как резервное питание. Технологические конфигурации могут быть классифицированы в соответствии с видом напряжения в сети: постоянного, переменного тока или смешанные линии [5, с. 19–23].

Материалы и методы исследования

В качестве примера был рассмотрен п. Усть-Камчатск, расположенный на восточном побережье полуострова Камчатка, в устье р. Камчатка. В поселке действуют морской порт и рыбокомбинат, а также предприятия деревообрабатывающей промышленности – Усть-Камчатская лесоперевалочная база. Электроснабжение поселка производится дизельной электростанцией, которая входит в состав Усть-Камчатского района электросетей. Введена в эксплуатацию в 1974 г., в состав АО «ЮЭСК» принята в июле 2001 г. Состав генерирующего оборудования приведен в табл. 1.

Таблица 1

Генерирующее оборудование АО «ЮЭСК» п. Усть-Камчатск

Наименование	Количество, шт.	Марка	Мощность, кВт
Дизель-генератор	9	Г-72	800
Дизель-генератор	1	LB8250ZLD-1	1000

Таблица 2

Основные характеристики изолированного энергоузла п. Усть-Камчатск

Численность населения, чел	5659
Максимальная мощность потребителей, кВт	5500
Минимальная мощность потребителей, кВт	2000
Установленная мощность ДЭС, кВт	8200
Установленная мощность ВЭС, кВт	1005
Годовая выработка, млн кВт·ч	21,157
Фактический расход дизельного топлива в 2022 г., т	5179

Таким образом, себестоимость электрической энергии составляет 37,2 руб. за кВт·ч.

Основные характеристики изолированного энергоузла п. Усть-Камчатск приведены в табл. 2.

Результаты исследования и их обсуждение

Оптимизация параметров гибридной энергетической системы осуществляется на основе заданных критериев. Каждый из элементов системы имеет свои критерии, которые определяются при работе на определенном горизонте планирования. Этот горизонт планирования зависит от особенностей возобновляемых энергетических ресурсов, которые поступают в систему. Применение автономной гибридной генерирующей системы электроснабжения может быть очень полезным. Такая система позволяет существенно сократить использование органического топлива. Исходя

из этого, к применению предлагается схема автономной гибридной генерирующей системы электроснабжения, представленная на рис. 2.

В состав такой гибридной генерирующей системы входят:

- ветроэнергетическая установка – с установленной мощностью 1 МВт (4 шт. по 250 кВт);
- МГЭС – с установленной мощностью 2,4 МВт;
- ДГУ.

Кроме того, следует отметить, что рациональность строительства ГЭК проявляется в использовании нескольких менее мощных ВЭУ, в отличие от одной с большой мощностью. По итогу получаем упрощение процесса монтажа электростанции и повышение ее надежности, так как имеется резерв: при выходе из строя одного узла остальные части системы продолжают функционировать [6, с. 185–189].

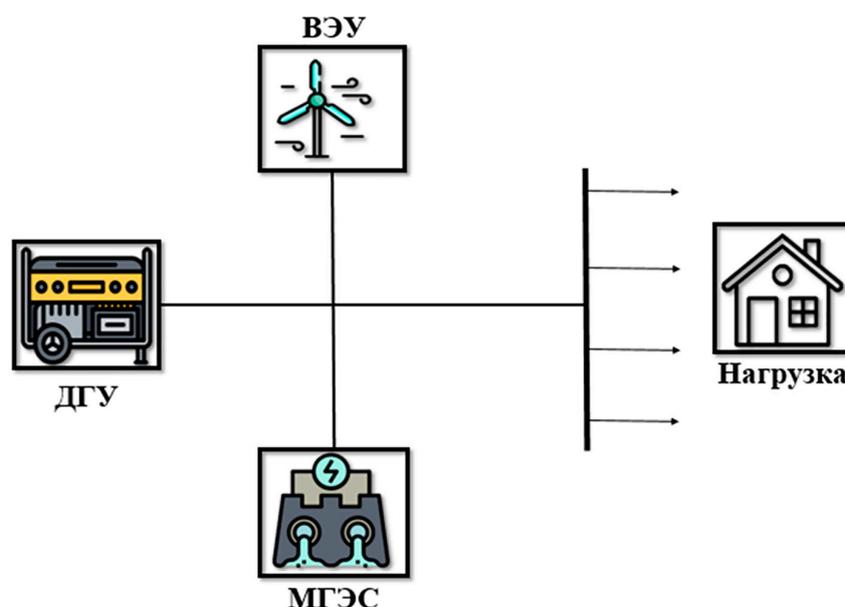


Рис. 2. Структурная схема ГЭК

Таблица 3

Результаты расчетов предполагаемой выработки электроэнергии ГЭК

Р/П	Коэффициент сезонности, кс	Объем потребления электрической энергии, ГВт·ч	Повторяемость (%) различных градаций скорости ветра 6–7 м/с	Объем выработки ВЭУ, МВт·ч	Объем выработки МГЭС, ГВт·ч	Объем выработки ДГУ, ГВт·ч	КИУМ ВЭУ, %	КИУМ МГЭС, %	Доля замещения ДГУ, %	Объем экономии дизтоплива, т
Январь	1	2,500	10,4	77,38	1,7856	0,64	7,7	100	74,40	372
Февраль	1	2,500	10,4	77,38	1,7856	0,64	7,7	100	74,40	372
Март	0,8	2,000	11,4	84,82	1,7856	0,13	8,5	100	93,50	374
Апрель	0,8	2,000	12,7	94,49	1,7856	0,12	9,4	100	94,00	376
Май	0,8	2,000	14,2	105,65	1,7856	0,11	10,6	100	94,50	378
Июнь	0,7	1,750	12,3	91,51	1,178496	0,48	9,2	66	72,57	254
Июль	0,7	1,750	7,8	58,03	1,178496	0,51	5,8	66	70,86	248
Август	0,7	1,750	8,0	59,52	1,178496	0,51	6,0	66	70,86	248
Сентябрь	0,9	2,250	9,6	71,42	1,7856	0,39	7,1	100	82,67	372
Октябрь	0,9	2,250	12,1	90,02	1,7856	0,37	9,0	100	83,56	376
Ноябрь	0,9	2,250	14,2	105,65	1,7856	0,36	10,6	100	84,00	378
Декабрь	1	2,500	10,4	77,38	1,7856	0,64	7,7	100	74,40	372
Год	0,85	25,500	11,1	993,24	19,606	4,901	8,3	100	80,8	4120

Факторы, влияющие на состав, параметры и режим работы ГЭК:

1. *Параметры объекта исследования*, их географическое месторасположение и климатические условия.

2. *Метеорологические факторы*, которые связаны с параметрами ВИЭ.

3. *Технические и технологические особенности энергоустановок.*

Обобщенные результаты расчетов предполагаемой выработки электроэнергии ГЭК представлены в табл. 3.

Энергоснабжение изолированных территорий требует решения важной социальной, экономической и экологической задачи – снижения себестоимости электроэнергии за счет использования надежных и экологически чистых источников генерации наряду с обеспечением бесперебойного энергоснабжения потребителей.

Зарубежный опыт показывает, что экономия органического топлива может достигать до 70% в среднем, а при благоприятных условиях становится возможным полное замещение органического топлива. Компания ЗМА из Германии, являющаяся мировым лидером в области разработки и производства оборудования для децен-

трализованного и автономного энергоснабжения, успешно протестировала гибридные автономные микросистемы совместно с институтом ЕТ (г. Кассель) в различных климатических условиях Китая, Австралии, Африки, Америки, Европы и России. Это подтверждает возможность применения таких систем в разных регионах мира. Возобновляемая энергетика имеет большой потенциал для решения проблемы энергоснабжения децентрализованных районов России [7, с. 53–63].

Таким образом, возобновляемая энергетика способна внести значительный вклад в решение важнейшей проблемы энергоснабжения децентрализованных районов России, на долю которых приходится до 70% территории страны с населением до 20 млн чел. [8, с. 26–29].

Заключение

– Снижение себестоимости электрической энергии в изолированных районах с дизельной генерацией и сокращение КИУМ ДГУ.

– Увеличение генерируемых мощностей и вырабатываемой электроэнергии в энергосистеме республики и региона, что при-

ведет к повышению надежности электро-снабжения потребителей.

– Снижение затрат на покупку электрической энергии из централизованной сети за счет производства и реализации электро-энергии.

Исходя из вышеописанного, можно сде-лать вывод о том, что реализация ГЭК в со-ставе с МГЭС имеет как экономические по-ложительные аспекты, так и социальные.

Для снятия проблемы повышенной «не-предсказуемости» и обеспечения гибко-сти в энергосистеме в будущем возможно использование СНЭ на основе водорода. На данный момент это направление мало-изучено, что вызывает его дороговизну. Ре-ализуя дополнительно в данный комплекс СНЭ, будет возможность регулирования графика нагрузки коммунальных потреби-телей, а также графика выдачи мощности с установок генерации на ВИЭ.

Список литературы

1. Василевский Н.С., Кувалдин А.Е., Жорнова О.Н., Фи-липповский Н.Ф. Перспективы использования гибридных энергетических установок на территории России // Энерго-и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные

и возобновляемые источники энергии. Екатеринбург: УрФУ, 2017. С. 119–123.

2. Дерюгина Г.В., Тягунов М.Г., Шестопалова Т.А., Юриков В.А. Гибридные энергокомплексы на основе воз-обновляемых источников энергии // Вестник КРСУ. 2012. № 10 (12). С. 11–17.

3. Жукова Е.С., Бык Ф.Л., Мышкина Л.С. Условия соз-дания гибридных микрогридов в ЕЭС России // Энергетика и энергосбережение: теория и практика Кемерово: Кузбас-ский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. С. 221–226.

4. Щербакова Н.С., Затева Е.Ю. Проектирование ма-лой ГЭС в составе автоматизированного гибридного энерго-комплекса // Гидроэлектростанции в XXI веке. Саяногорск; Черемушки: Саяно-Шушенский филиал Сибирского феде-рального университета, 2022. С. 128–132.

5. Кундас С.П., Шенк Ю., Вайцехович Н.Н. Гибридные технологии в использовании возобновляемых источников энергии // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 2. С. 19–23.

6. Амерханов Р.А., Цыганков Б.К., Бегдай С.Н., Кириченко А.С., Милованов И.В., Куличкина А.А. Перспек-тивы использования возобновляемых источников энергии // Труды КубГАУ. Краснодар. 2013. № 42. С. 185–189.

7. Carta J.A., Gonzalez J., Gomez C. Operating results of a wind-diesel system which supplies the full energy needs of an isolated village community in the Canary Islands, Solar Energy. Vol. 74, Is. 1. January 2003. P. 53–63.

8. Петров А., Гусаров В. Перспективы применения ги-бридных систем электроснабжения на базе альтернативных источников энергии // СПЕЦВЫПУСК «РОССЕТИ». 2017. МАРТ. № 1 (4). С. 26–29.

УДК 556:628.161.2
DOI 10.17513/use.38078

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ГЛИН В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Пимнева Л.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: pimnevala@tyuiu.ru

Настоящая работа посвящена исследованию сорбционной способности по отношению к ионам марганца природных глинистых минералов каолина и монтмориллонита и их модифицированных форм. Поверхностные воды водотоков Тюменской области являются загрязненными. Распространенными загрязнителями являются тяжелые ионы металлов, которые представляют опасность для окружающей среды. В последнее время идет поиск новых сорбентов путем модификации доступных, дешевых и перспективных природных алюмосиликатов. В Тюменской области и соседних Свердловской и Курганской областях большие залежи глинистых минералов, обладающих сорбционными свойствами. В работе были использованы природные глинистые минералы каолин Ирбитского месторождения (Свердловская область) и монтмориллонитовая глина Кыштырлинского месторождения (Тюменская область). Для увеличения сорбционной способности глин подвергали их модифицированию химическими реагентами. Сорбционную способность определяли в статических условиях при 25 °С. Сорбцию проводили, используя модельные растворы сульфата марганца с концентрациями от 0,02 до 0,15 моль/л. Методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и рентгеновского анализа изучена структура природных и модифицированных форм монтмориллонитовой и каолиновой глин. Установлено увеличение обменной емкости с возрастанием концентрации ионов в растворах. Это подтверждает, что модифицированные природные каолиновые и монтмориллонитовые глины могут служить селективными сорбентами для извлечения ионов марганца из природных и сточных вод. Максимальная обменная емкость модифицированных форм монтмориллонитовой и каолиновой глин характерна для ОН-формы. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что сорбция ионов марганца происходит в основном по ионообменному механизму.

Ключевые слова: каолиновая глина, монтмориллонитовая глина, модификация глин, процесс сорбции, ионы марганца

THE USE OF NATURAL CLAYS AS SORBENTS FOR THE TREATMENT OF NATURAL AND WASTEWATER

Pimneva L.A.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: pimnevala@tyuiu.ru

This work is devoted to the study of the sorption capacity with respect to manganese ions by the natural clay minerals kaolin and montmorillonite and their modified forms. The surface waters of the watercourses of the Tyumen region are polluted. Common pollutants are heavy metal ions, which pose a danger to the environment. Recently, there has been a search for new sorbents by modifying affordable, cheap and promising natural aluminosilicates. There are large deposits of clay minerals with sorption properties in the Tyumen Region and neighboring Sverdlovsk and Kurgan regions. The natural clay minerals kaolin of the Irbit deposit (Sverdlovsk region) and montmorillonite clay of the Kyshtyrlinsky deposit (Tyumen region) were used in the work. To increase the sorption capacity of clays, they were modified with chemical reagents. Sorption capacity was determined under static conditions at 25 °C. Sorption was carried out using model solutions of manganese sulfate with concentrations from 0.02 to 0.15 mol/l. The structure of natural and modified forms of montmorillonite and kaolin clays has been studied by scanning electron microscopy (SEM) and X-ray analysis. An increase in the exchange capacity with an increase in the concentration of ions in solutions was found. This confirms that modified natural kaolinite and montmorillonite clays can serve as selective sorbents for the extraction of manganese ions from natural and wastewater. The maximum exchange capacity of modified forms of montmorillonite and kaolin clays is characteristic of the ON-form. The experimental data obtained allow us to conclude that the sorption of manganese ions occurs mainly by the ion exchange mechanism.

Keywords: kaolin clay, montmorillonite clay, clay modification, sorption process, manganese ions

Поверхностные воды водотоков Тюменской области являются загрязненными ионами меди, марганца, кадмия, цинка [1]. Большая часть загрязняющих веществ поступает транзитом из ближайших соседних областей [2]. Многие промышленные предприятия сбрасывают несанкционированные сточные воды, что ухудшает качество воды. Наиболее опасными загрязнителями являются ионные формы тяжелых металлов [3]. В воде могут находиться ионы меди, кадмия, цинка, свин-

ца, марганца, кобальта, никеля, железа, хрома в виде неорганических и органических соединений. Наличие таких элементов в водных объектах приводит к угрозе всему живому, а также и здоровью человеку [4].

В настоящее время наиболее универсальным и экономически оправданным методом очистки воды является сорбционный метод. Он основан на использовании сорбентов как природных, так и синтетических. При использовании этого метода вводных

объектов происходит снижение тяжелых металлов в форме неорганических и органических соединений. Последние годы показывают большой интерес к природным сорбентам. В Тюменской области и соседних Свердловской и Курганской областях имеются большие залежи глинистых минералов, обладающих сорбционными свойствами. Свойства природных сорбентов можно улучшать путем модифицирования [5].

В данной работе исследовали сорбционную способность по отношению к катионам марганца природными глинистыми минералами каолином и монтмориллонитом, их модифицированных форм.

Материалы и методы исследования

В работе использовали природные глинистые минералы каолин Ирбитского месторождения (Свердловская область) и монтмориллонитовая глина Кыштырлинского месторождения (Тюменская область). Минералы представляют собой слоистые силикаты. Кристаллическая структура каолина является двухслойным пакетом, в котором чередуются кремнекислородные тетраэдры и алюминийкислородные октаэдры. Расстояние между пакетами составляет 0,4 нм. Монтмориллонит имеет трехслойную кристаллическую структуру, где между кремнекислородными тетраэдрами располагается слой алюминийкислородных октаэдров. У монтмориллонита кристаллическая решетка подвижная, расстояние между пакетами может изменяться от 0,4 нм до 1,0 нм, что характеризует высокую поглощательную способность. Благодаря сорбционным свойствам этих сорбентов при обработке их поверхности можно добиться максимального извлечения загрязняющих веществ [6, 7].

Природная глина каолин представляет собой легкий порошок белого цвета с размерами частиц 2–20 мкм и насыпной плотностью 1,36 г/см³. Кыштырлинская глина, содержащая монтмориллонит, это серо-голубой порошок с размерами частиц 5–40 мкм и насыпной плотностью 2,01 г/см³.

Для увеличения сорбции природные глины модифицировали 2 М раствора-

ми соляной кислоты, гидроксидом натрия и хлористого натрия. Процесс модификации заключается внедрением в межслоевое пространство перечисленных растворов. Порошкообразные глины перемешивали с растворами в течение 60 мин до получения однородной массы. Затем полученные однородные массы промывали водой и высушивали на воздухе.

Определение изменения сорбционных свойств модифицированных сорбентов исследовали с использованием модельных растворов сульфата марганца. Модельными водными растворами сульфата марганца с концентрацией от 0,02 до 0,15 моль/л заливали 1 г твердой фазы модифицированных сорбентов. Растворы в течение суток перемешивали до установления равновесия.

Результаты исследования и их обсуждение

Минералогический и химический состав каолинитовой и монтмориллонитовой глин определяли рентгенофазовым анализом на дифрактометре BRUKER D2 PHASER с линейным детектором LYNXEYE (CuK α -излучение, Ni-фильтр) аккредитованной лаборатории химического института Тюменского государственного университета. Уточнение структуры производилось методом Ритвельда в программе DIFFRAC.TOPAS.

Из анализа табл. 1 следует, что компонентный состав природных глин незначительно отличается по содержанию оксидов.

На рисунке 1 представлены СЭМ-микрофотографии образцов (СЭМ – сканирующий электронный микроскоп) сорбентов с сорбированными ионами марганца. Микрочастицы каолиновой глины имеют слоистую морфологию. В пространственной структуре каолина на один слой октаэдров гидроксида алюминия приходится один слой тетраэдров диоксида кремния, что вдвое больше, чем в трехслойных силикатах. Монтмориллонит относится к трехслойным силикатам, где два слоя тетраэдров и расположенный между ними октаэдрический слой.

Таблица 1

Содержание компонентов в составе каолинитовой (К) и монтмориллонитовой (ММТ) глин

Содержание	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO
ММТ, % мас.	53,62	20,29	0,41	3,88	1,53	13,13	1,71	1,63
К, % мас.	54,55	27,23	1,29	0,96	3,81	9,94	–	

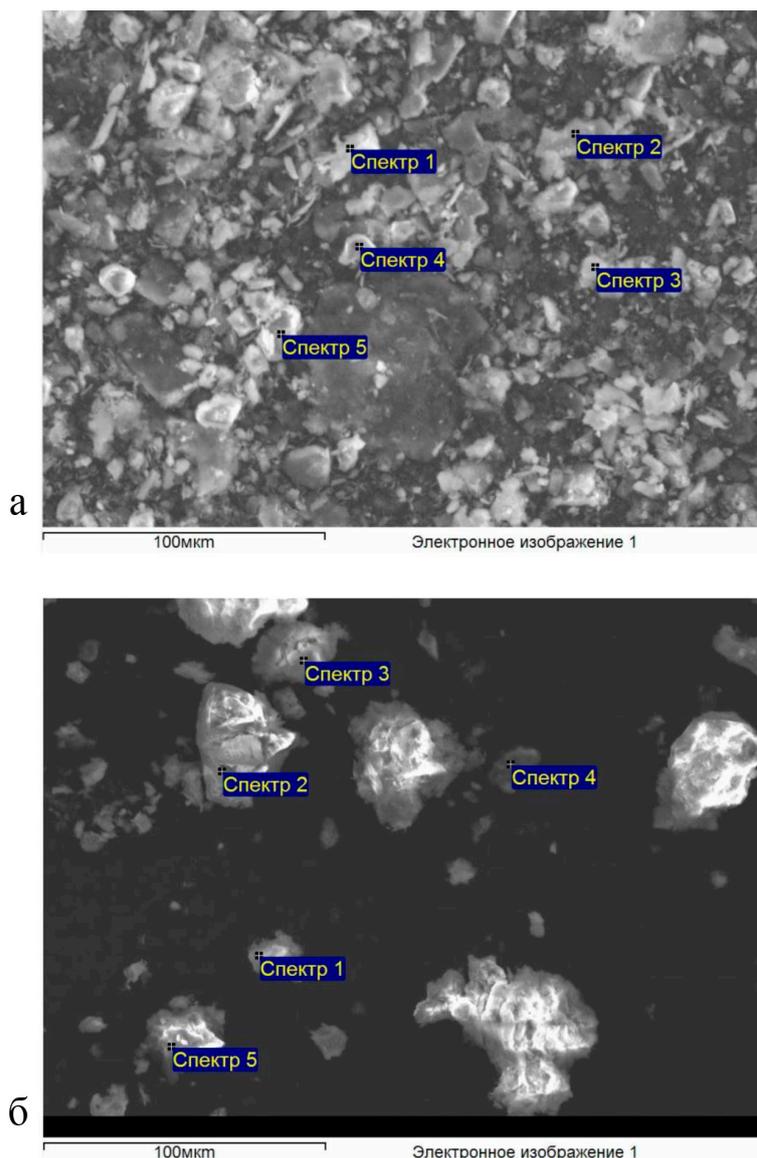


Рис. 1. СЭМ-микрофотографии природного каолина (а) и Кыштырлинской глины, содержащей монтмориллонит (б), с сорбированными ионами марганца

Важнейшей характеристикой природных сорбентов является обменная емкость. В состав катионно-обменного комплекса глин входят катионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . На рис. 2 представлены изотермы сорбции катионов марганца на используемых сорбентах. Графическая зависимость показывает, что с увеличением концентрации ионов марганца обменная емкость увеличивается. Процесс сорбции ионов марганца протекает по ионообменному механизму.

Сумма обменных катионов в зависимости от природы сорбента и формы модифицированного сорбента резко изменяется.

Наибольшая сорбция характерна для ОН-формы сорбентов. Наименьшее значение обменной емкости у природной формы сорбентов. В табл. 2 представлены катионные обменные емкости ионов марганца на природных сорбентах.

Результаты сорбции показывают, что монтмориллонитовая глина сорбирует катионы марганца в большем количестве по отношению к каолиновой глине. Применяемые природные сорбенты имеют структуру слоистых силикатов, которые подвергаются химической модификации соляной кислотой HCl , гидроксидом натрия NaOH и хлоридом натрия NaCl .

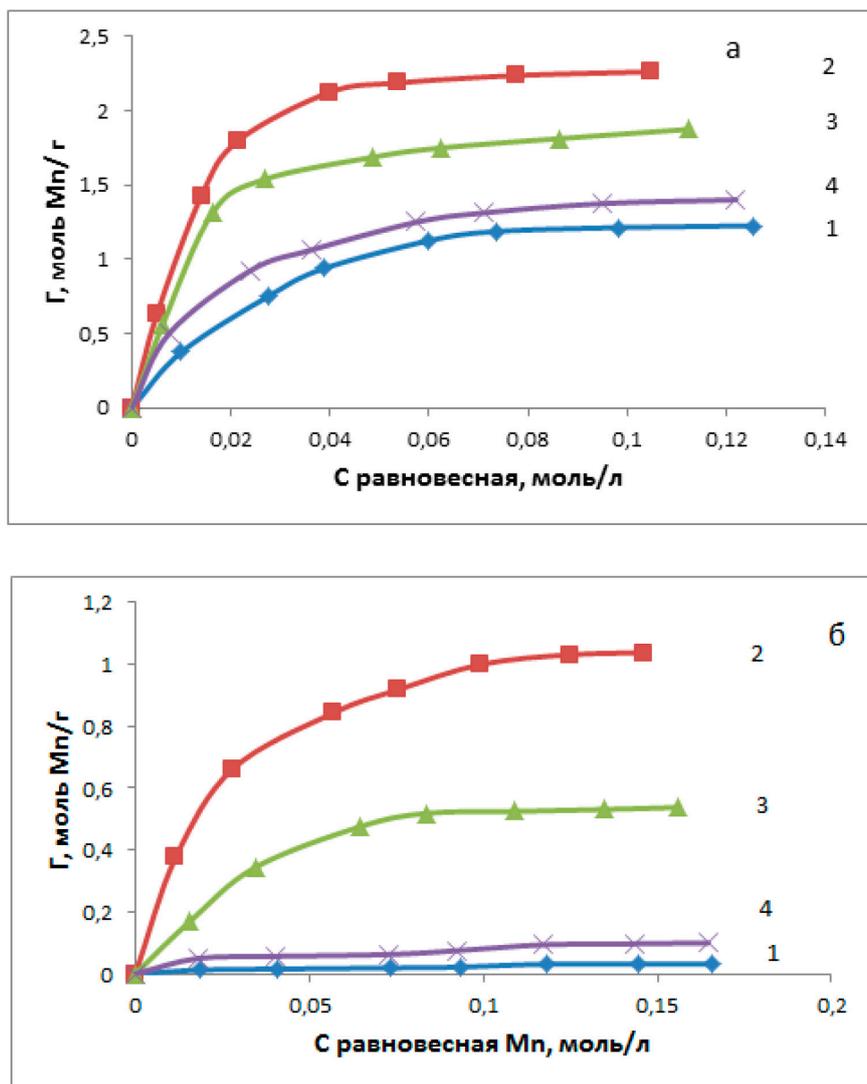


Рис. 2. Изотермы сорбции катионов Mn^{2+} на природной (1) форме монтмориллонитовой (а) и каолинитовой (б) глин и модифицированных ОН- (2), Na- (3), Н- (4) формах

Таблица 2

Сумма обменных катионов марганца в природных сорбентах

Форма сорбента	Монтмориллонитовая глина	Каолинитовая глина
	Сумма обменных катионов марганца, мг-экв/100 г	
Природная	61,5	1,5
Н-форма	70,0	5,0
Na-форма	94,0	27,0
ОН-форма	113,0	52,0

В результате модифицирования у сорбентов увеличиваются межпакетное расстояние, удельная поверхность, происходит выщелачивание катионов, что увеличивает ионный обмен. Все изменения в сорбентах

при модифицировании приводят к росту обменной емкости. По данным химического анализа природных (табл. 1) и модифицированных (табл. 3) глин наблюдается изменение химического состава.

Таблица 3

Химический состав модифицированных NaCl образцов глин после сорбции

Содержание	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	MnO
ММТ, % мас.	47,30	18,86	0,21	4,18	0,44	20,50	2,13	1,22	2,77
К, % мас.	49,16	46,44	0,10	0,41	0,59	1,23	0,96	–	0,56

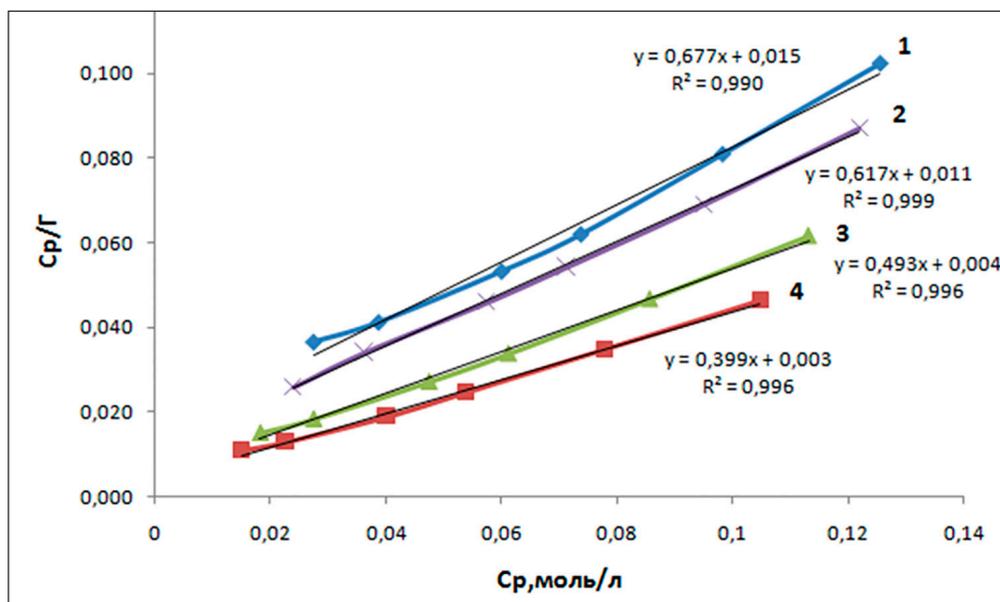


Рис. 3. Сорбционные изотермы марганца на природной (1) форме монтмориллонитовой глины и модифицированных OH- (4), Na- (3), H- (2) формах по линейным уравнениям Ленгмюра

После процесса модифицирования монтмориллонитовой глины происходит уменьшение содержания SiO₂ на 11,8%, Al₂O₃ на 7,05%, Na₂O на 49%, K₂O на 44%, CaO на 71,2%, TiO₂ на 34,1%, MgO на 25,2%. При модифицировании каолиновой глины уменьшается содержание оксидов SiO₂ на 10%, Na₂O на 92,2%, K₂O на 57,3%, CaO на 84,5%, Fe₂O₃ на 87,6%. Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают увеличение емкости обмена.

При обработке 2 М соляной кислотой природные монтмориллонитовая и каолиновая глины вызывают разрыв связи Me – O. В процессе химической активации изменяется состав катионов. Катионы Al³⁺, Fe³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ замещаются ионами марганца и вымываются из монтмориллонита и каолина.

При химической модификации в системе изменяется pH среды. В зависимости от pH у глинистых минералов образуется переменный заряд, который концентрируется на боковых сколах глинистых кристаллитов. В области высоких значений pH поверхность

монтмориллонита заряжается отрицательно. В итоге это способствует электростатическому взаимодействию положительно заряженных ионов марганца с отрицательной поверхностью глины. Сорбция ионов тяжелых металлов на глинистых минералах чаще протекает по ионообменному механизму. Ионный обмен у каолиновой глины происходит с поверхностными гидроксогруппами минерала, у монтмориллонитовой глины ионный обмен происходит как с поверхностными гидроксогруппами минерала, так и в межслойном пространстве.

На рис. 3 представлены изотермы сорбции ионов марганца на природном и модифицированных формах монтмориллонитовой глины.

Анализ изотерм сорбции позволяет определить количественные характеристики сорбента: предельная обменная емкость, константа распределения. Константа распределения позволяет сравнивать между собой различные формы модифицированных сорбентов. Результаты определения этих величин представлены в табл. 4.

Таблица 4

Предельные сорбционные емкости и константы распределения на природной и модифицированных формах монтмориллонитовой глины

Форма сорбента	Γ_{∞} , моль/г	K, л/моль	R ²
природная	1,48	45,13	0,990
H-форма	1,61	56,10	0,999
Na-форма	2,03	123,35	0,996
ОН-форма	2,51	133,00	0,996

Примечание: Γ_{∞} – величина предельной сорбции (моль/г), K – концентрационная константа сорбционного равновесия, характеризующая интенсивность процесса сорбции, мл/моль; R² – коэффициент корреляции.

Из табл. 4 видно, что обменная емкость и константа распределения имеют наибольшее значение в монтмориллонитовой глине, модифицированной гидроксидом натрия.

Выводы

– Методом сканирующей электронной микроскопии и рентгеновского анализа изучена структура природных каолиновых и монтмориллонитовых глин и их модифицированных форм.

– Поверхностные группы Si – OH и Al – OH у глин участвуют в ионном обмене с ионами марганца.

– Установлено, что с увеличением концентрации ионов марганца в растворах обменная емкость возрастает.

– Процесс сорбции ионов марганца на модифицированных сорбентах происходит по ионообменному механизму.

Список литературы

1. Отчет об экологической ситуации в Тюменской области в 2021 г. Правительство Тюменской области. Тюмень,

2022 [Электронный ресурс]. URL: https://admtymen.ru/files/upload/OIV/D_pedro/Доклад%20об%20экологической%20ситуации%20в%20Тюменской%20области%20в%202021%20году.pdf (дата обращения: 15.06.2023).

2. Гузеева С.А. Экологическое состояние поверхностных вод и донных отложений города Тюмени // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 8. С. 134–139.

3. Царева С.А. Формы нахождения металлов в воде // Водные ресурсы. 2009. Т. 26, № 1. С. 71–75.

4. Фрумин Г.Т. Экологическая токсикология (экоотоксикология). Курс лекций. СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2013. 179 с.

5. Полещук И.Н., Пинигина И.А., Созыкина Е.С. Извлечение ионов железа (III) из водных растворов модифицированными природными сорбентами // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 4. С. 65–70.

6. Переломов Л.В., Лагунова Н.Л., Переломова И.В. и др. Адсорбция свинца натриевым бентонитом и бентонитом, модифицированным гидроксидом алюминия, в присутствии органических кислот // Известия Тульский государственный университет. Технические науки. 2013. № 6. Ч. 2. С. 237–245.

7. Рамазанов А.Ш., Есмаил Г.К., Свешникова Д.А. Кинетика и термодинамика сорбции ионов тяжелых металлов на монтмориллонит содержащей глине // Сорбционные и хроматографические процессы. 2015. Т. 15. № 5. С. 672–682.

УДК 551.26:004:621.396.96
DOI 10.17513/use.38079

РАСПОЗНАВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ОБРАЗОВ ТРЕЩИН МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПО ДАННЫМ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

Соколов К.О., Шамаев С.Д.

Институт горного дела Севера им Н.В. Черского, Якутск, e-mail: sha.sd@inbox.ru

Трещины массива горных пород существенно влияют на физико-механические свойства горных пород, и их, в свою очередь, необходимо учитывать при планировании добычных работ и строительстве горнотехнических сооружений. Существуют различные методики выявления трещин массива горных пород по данным георадиолокации. Однако применение данных методик ограничивается производительностью операторов-геофизиков, так как данные георадиолокации преимущественно интерпретируются ими вручную. Для изучения трещиноватости мерзлых горных пород по данным георадиолокации возможно применение искусственных нейронных сетей (ИНС), которые позволят проводить анализ георадиолокационных радарограмм с целью выявления разрывов и смещений осей синфазности георадиолокационных сигналов. Существенной проблемой при применении ИНС является подготовка данных для обучения (обучающей выборки). Создание обучающего набора данных возможно с помощью модели георадиолокационного разреза массива мерзлых горных пород с трещиной. Однако практика использования синтетических радарограмм на основе модели георадиолокационного разреза массива мерзлых горных пород с трещиной показала необходимость ее усовершенствования в плане увеличения количества слоев горных пород, возможности задания наклонных границ с учетом наличия син- и антиформ. В статье описаны этапы разработки модели нейронной сети, в том числе создание обучающего набора данных, выбор архитектуры, обучение и апробация модели нейронной сети. Апробация модели ИНС показала высокую эффективность модели ИНС. Тем не менее, в работе модели наблюдаются некоторые недостатки. Разработанная система позволит существенно сократить временные затраты на интерпретацию данных георадиолокации. Дальнейшие исследования будут связаны с повышением точности предсказания, обусловленным расширением обучающего набора данных и разработкой дополнительной модели ИНС.

Ключевые слова: трещины, массив горных пород, георадиолокация, распознавание образов, сверточные нейронные сети, автоэнкодер

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0297-2021-0020, ЕГИСУ НИОКТР № 122011800086-1).

RECOGNITION OF WAVE PATTERNS OF ROCK MASSIF CRACKS BASED ON NEURAL NETWORKS FROM GPR DATA

Sokolov K.O., Shamaev S.D.

Mining Institute of the North SB RAS, Yakutsk, e-mail: sha.sd@inbox.ru

Cracks in the rock mass significantly affect the physical and mechanical properties of rocks, and they, in turn, must be taken into account in the planning of mining operations and construction of mining structures. There are various techniques for detecting cracks in the rock mass using GPR data. However, the application of these techniques is limited by the productivity of geophysical operators, as the GPR data are mainly interpreted by them manually. To study the fracturing of frozen rocks from GPR data, it is possible to use artificial neural networks (ANN), which will make it possible to analyze GPR radarograms in order to detect discontinuities and shifts of in-phase axes of GPR signals. A significant problem in the application of ANN is the preparation of data for training (training sample). It is possible to create a training data set using a model of GPR section of frozen rock massif with a fracture. However, the practice of using synthetic radarograms based on the model of GPR section of frozen rock massif with a crack has shown the need for its improvement in terms of increasing the number of rock layers, the possibility of setting inclined boundaries, taking into account the presence of syn- and antiforms. The article describes the stages of neural network model development, including the creation of a training data set, selection of architecture, training and testing of the neural network model. The validation of the ANN model showed high performance of the ANN model. Nevertheless, some drawbacks are observed in the performance of the model. The developed system will significantly reduce the time cost of GPR data interpretation. Further research will be related to improving the prediction accuracy associated with the expansion of the training data set and development of an additional ANN model.

Keywords: cracks, rock massif, ground-penetrating radar, pattern recognition, convolutional neural networks, autoencoder

The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (subject No. 0297-2021-0020, Unified State Accounting Information System research, development and technological work for civil purposes No. 122011800086-1).

Трещины массива горных пород представляют собой поверхности разрыва сплошности в горных породах без призна- ка смещения [1]. Они существенно влияют на физико-механические свойства горных пород, и их, в свою очередь, необходимо

учитывать при планировании добычных работ и строительстве горнотехнических сооружений [2]. В условиях криолитозоны трещины массива горных пород успешно изучаются с помощью метода георадиолокации [3]. Существуют различные методики выявления трещин массива горных пород по данным георадиолокации [4–6]. Однако применение данных методик ограничивается производительностью операторов-геофизиков, так как данные георадиолокации преимущественно интерпретируются ими вручную. Например, после георадиолокационного исследования на участке АО «Алмазы Анабара» было получено 37 радарограмм по 40000 трасс и 512 точек в каждой, что в общей сумме дает 757 млн значений в матрице.

Для повышения скорости интерпретации данных геофизических измерений возможно использование современных методов анализа цифровых данных, позволяющих не только более качественно обработать геофизические данные по сравнению с традиционными методами, но и провести обработку большого объема данных в короткие сроки. Для изучения трещиноватости мерзлых горных пород по данным георадиолокации возможно применение искусственных нейронных сетей (ИНС) [7], которые позволят проводить анализ георадиолокационных радарограмм с целью выявления разрывов и смещений осей синфазности георадиолокационных сигналов. В последнее время ИНС успешно используются при обработке георадиолокационных данных [8–11].

Целью данного исследования является разработка системы распознавания волновых образов трещин массива горных пород по данным георадиолокационных измерений на основе применения методов искусственного интеллекта.

Существенной проблемой при применении ИНС является подготовка данных для обучения (обучающей выборки). Для подготовки подобных наборов геофизической информации исследователи используют различное программное обеспечение. Например, для генерации синтетических радарограмм в работах [12–14] применялась программа grfMax. Такой подход позволяет автоматизировать формирование обучающей выборки и сгенерировать различные варианты синтетических радарограмм для полноценного обучения нейронной сети. Но, так как принцип работы grfMax основан на решении прямой задачи распростра-

нения высокочастотных электромагнитных волн, то данный подход весьма затратный по времени и требует последующей обработки синтетических радарограмм, в частности для разметки в обучающей выборке искомым объектов.

Решение вышеуказанных проблем возможно с помощью модели георадиолокационного разреза массива мерзлых горных пород с трещиной [15]. Разработанное на основе этой модели программное обеспечение в течение 5–10 минут способно сгенерировать до 20 000 обучающих образов с уже нанесенной разметкой для определения положения трещины. Подобная скорость генерации не является избыточной, поскольку параметры обучающих образов напрямую зависят от параметров методики, по которой проведены георадиолокационные измерения. В работе [16] для поиска трещин в асфальтовом покрытии, т.е. при жестко заданных параметрах измерений и исследуемой среде, потребовалось более 5000 обучающих образов. Однако практика использования синтетических радарограмм на основе модели георадиолокационного разреза массива мерзлых горных пород с трещиной показала необходимость ее усовершенствования в плане увеличения количества слоев горных пород, возможности задания наклонных границ с учетом наличия син- и антиформ.

Материал и методы исследования

В модели (1) формируется матрица GPR, в которой каждому столбцу соответствует георадиолокационная трасса с номером T , а в каждой ячейке (d) столбца хранится амплитудное значение сигнала. Ось синфазности георадиолокационных сигналов представляется в виде $U_s(T, d)$ при d , имеющем постоянное значение, для некоторого диапазона значений T (рис. 1). Для описания разрыва оси синфазности использована инвертированная функция прямоугольного импульса $1 - \Pi(T - T_{cm}, W_{cm})$, где T_{cm} – номер трассы, с которой начинается разрыв, W_{cm} – ширина разрыва, представляющая собой количество трасс, в которых функция $U_s(T, d)$ зануляется. Таким образом, приходим к следующему выражению: $U_s(T, d) * (1 - \Pi(T - T_{cm}, W_{cm}))$. Для ввода в модель возможности описания взбросов или сбросов используем функцию Хэвисайда $\theta(T - T_{cm}) * d_{cm}$, где d_{cm} – количество отсчетов, на которое смещается ось синфазности.

$$GPR = \sum_{T=0}^K \sum_{d=0}^N U_s (d - \theta(T - T_{cm}) * d_{cm}) * (1 - \Pi(T - T_{cm}, W_{cm})) + n(T), \quad (1)$$

где K – количество трасс, N – количество отсчетов в трассе, U_s – форма сигнала, θ – функция Хэвисайда, Π – функция прямоугольного импульса, $n(T)$ – помехи.

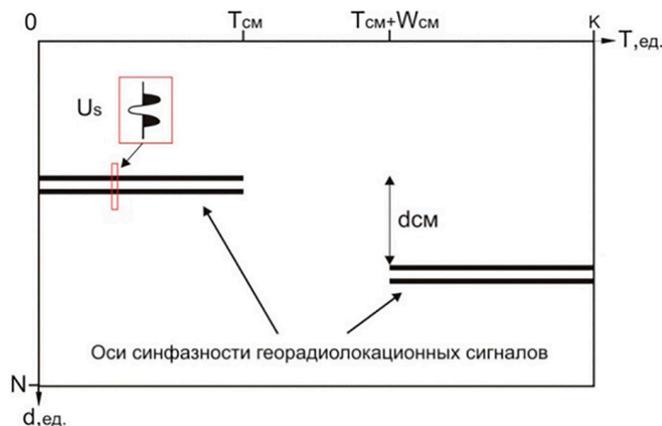


Рис. 1. Схема расположения основных элементов модели радарограммы

Для указания количества границ введем константу M , при этом индивидуальные параметры каждой границы (глубина залегания, изогнутость) задаются соответствующими переменными с индексами s . Для учета наклонных границ при вычислении $U_s(T, d)$ введем дополнительное слагаемое kT , увеличивающее время регистрации сигнала при $k > 0$, т.е. граница «уходит» вниз, при $k < 0$, соответственно, вверх. При $k = 0$ граница остается горизонтальной. В данном варианте формулы параметр наклона k будет единым для всех границ. Возможность моделирования осей синфазно-

сти георадиолокационных сигналов в виде син- и антиформ представлена в виде слагаемого $AI * \sin(sai * T)$. Параметр sai по своей сути задает частоту синусоиды, позволяя моделировать как мелкие колебания, характерные для небольших локальных объектов, так и крупные фрагменты син- и антиформ различной амплитуды AI . При $sai = 0$ влияние данного слагаемого нивелируется. Модель многослойного георадиолокационного разреза массива мерзлых горных пород с трещиной, учитывающая вышеуказанные особенности, представляется в виде:

$$GPR = \sum_{S=1}^M \sum_{T=0}^K \sum_{d=0}^N U_s (d + kT - \theta(T - T_{cm}) * d_{cm}, AI * \sin(sai * T) * GG_s) * (1 - \Pi(T - T_{cm}, W_{cm})) + n(T), \quad (2)$$

где M – количество границ, GG_s – положение по глубине s -й границы, k – параметр наклона оси синфазности сигналов, AI – амплитуда изгиба границы, sai – параметр изогнутости.

Апробация численных расчетов модели по формуле (2) была реализована в Matlab для четырехслойного разреза. В качестве формы сигнала U_s использована вторая производная функции Гаусса, для границ варьировались следующие значения параметров: k , AI , sai . Результаты моделирования представлены на рисунке 2.

На основе сгенерированных синтетических радарограмм была сформирована обучающая выборка для модели ИНС. Выборка состояла из 50000 пар синтетических радарограмм, представляющих собой изображение размером 32×32 пикселя с нанесенной разметкой положения трещины в виде зеленых пикселей (рис. 3б) и без нанесенной разметки (рис. 3а). Радарограммы без разметки используются в качестве входных данных, радарограммы с разметкой применяются в качестве целевых данных для вычисления функции потерь модели. После генерации контрастность синтетических радарограмм повышается до максимума для выделения границ слоев.

рограмм, представляющих собой изображение размером 32×32 пикселя с нанесенной разметкой положения трещины в виде зеленых пикселей (рис. 3б) и без нанесенной разметки (рис. 3а). Радарограммы без разметки используются в качестве входных данных, радарограммы с разметкой применяются в качестве целевых данных для вычисления функции потерь модели. После генерации контрастность синтетических радарограмм повышается до максимума для выделения границ слоев.

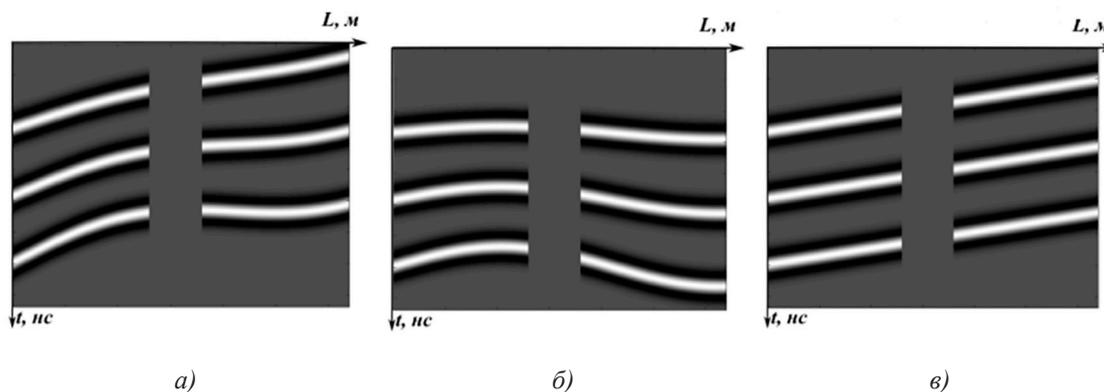


Рис. 2. Результаты моделирования по формуле (2) с параметрами:
 а) $k = 0,3$; $AI = 0,1$; $sai = 0,015$; б) $k = 0$; $AI = 0,1$; $sai = 0,015$; в) $k = 0,3$; $AI = 0$; $sai = 0$

Архитектуры нейронной сети

№ архитектуры	1 сегмент	2 сегмент	3 сегмент	4 сегмент	5 сегмент	Косинусное сходство
	Количество нейронов					
1	512	256	32	8	2	0.81
2	256	128	32	2	-	0.89
3	64	32	24	8	-	0.91
4	64	32	16	-	-	0.96
5	32	24	8	-	-	0.98
6	16	8	-	-	-	0.81

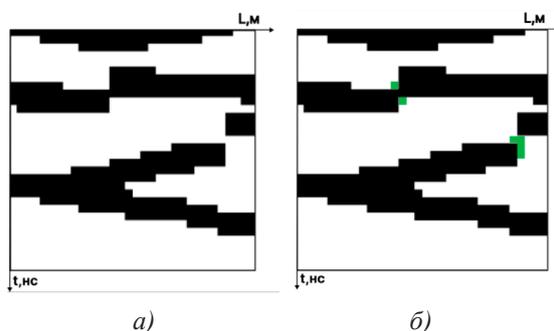


Рис. 3. Пример результата моделирования радарограммы: а) без нанесенной разметки положения трещины; б) с нанесенной разметкой положения трещины

В настоящее время разработано множество различных типов ИНС. В предыдущем исследовании [17] была выбрана ИНС типа сверточный автоэнкодер. Сверточный автоэнкодер – это тип ИНС, который использует сверточные слои вместо полносвязных. Он состоит из двух основных частей: энкодера и декодера. Энкодер принимает входные данные и пропускает их через сверточные слои, сокращая размерность данных. Результат этого процесса – «латентное», или «скрытое», представление входных данных, которое охватывает наиболее важные аспек-

ты входных данных. Декодер затем принимает этот латентный код и преобразует его обратно в оригинальное пространство входных данных [18].

В нашем исследовании энкодер и декодер состоят из трех сегментов, каждый из которых оснащен сверточным слоем с параметрами ядра 3×3 и шагом 1, слоем активации ReLU, а также слоем MaxPooling, сокращающим размерность, или UpSampling, повышающим размерность. Данная архитектура была выбрана эмпирически из множества архитектур и достигает 98% точности по метрике – косинусное сходство. Остальные варианты с большим или меньшим количеством сегментов или нейронов не смогли достичь той же точности по причине переобучения либо, наоборот, по причине недообученности. Таким образом, была выбрана архитектура ИНС под 5 номером, так как она обладает наиболее подходящим количеством сегментов и нейронов (таблица).

Принцип работы выбранной архитектуры заключается в том, что энкодер сжимает входное изображение до размеров 8×8 пикселей, после чего декодер преобразует его обратно к исходной размерности 32×32 пикселя, уже с выделенными положениями трещин.

Обучение модели производилось с использованием оптимизатора Adam с коэффициентом скорости обучения 0.001 и функции потерь в виде бинарной кросс-энтропии. Для регулирования сети применялся dropout 0.2 после каждого сверточного слоя. Сгенерированный набор данных был разбит на 3 подгруппы: 40000 экземпляров были выделены для обучения модели, 9000 экземпляров – для вычисления ошибки и 1000 экземпляров – для валидации. Примеры результатов, полученных с помощью обученной модели автоэнкодера, представлены на рисунке 4.

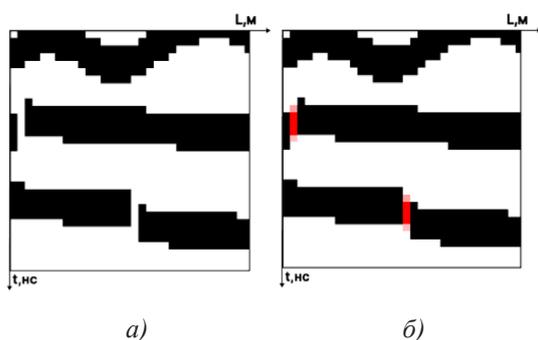


Рис. 4. Пример результата работы модели ИНС:
а) фрагмент радарограммы до обработки;
б) фрагмент радарограммы после обработки

Результаты исследования и их обсуждение

Апробация работы модели ИНС проведена на данных георадиолокационного исследования массива мерзлых горных пород криолитозоны. Результат обработки представлен на рисунке 5, на котором в интервале от 80 до 300 наносекунд можно наблюдать значительное количество смещений и разрывов осей синфазности георадиолокационных сигналов. В промежутках от 0 до 80 наносекунд и от 300 до 325 наносекунд находятся непрерывные оси синфазности. Стоит отметить, что именно в областях с большим числом смещений и разрывов осей синфазности модель нейронной сети идентифицировала положения трещин, в то время как на участках с непрерывными осями синфазности положения трещин не были обнаружены. В области, выделенной пунктирной линией, заметны малоамплитудные сигналы, которые соизмеримы с уровнем шума. Это усложняет процесс распознавания положений трещин.

Следует отметить, что «горбы», возникающие на осях синфазности из-за дискретизации сигнала и прерывания тонкой

линии (от 0 до 15 м на 240 нс), модель ИНС не определяет как трещины. Это стало возможным благодаря операциям уменьшения размерности, которые обнуляют данные явления, что подтверждает правильный выбор архитектуры нейронной сети.

Тем не менее, в работе модели наблюдаются некоторые недостатки. В частности, модель ИНС ошибочно выделяет пустоты в осях синфазности как трещины, расположенные на 140-м метре и 80 нс или на 130-м метре и 200 нс. Причина этого заключается в том, что модель ИНС принимает пустоты за разрывы осей синфазности. Еще одна ошибка находится на 30-м метре и 210 нс, где модель ИНС идентифицировала деформацию оси синфазности, образованную вследствие помех, как трещину. Кроме того, модель ИНС не всегда способна различить конец оси синфазности и трещину, что наблюдается на 70-м метре и 190 нс или 100-м метре и 350 нс. Решение этой проблемы может заключаться в расширении обучающего набора соответствующими данными. Однако такие случаи встречаются довольно редко и не оказывают существенного влияния на результат интерпретации данных.

Также следует упомянуть, что для удобства интерпретации трещины, представляющие собой отдельную систему, необходимо выделять как некоторую ограниченную область, например в интервале от 135 до 150 м и от 70 до 120 нс. Для решения данной проблемы можно использовать дополнительную модель ИНС, находящую области трещиноватости на основе уже найденных трещин.

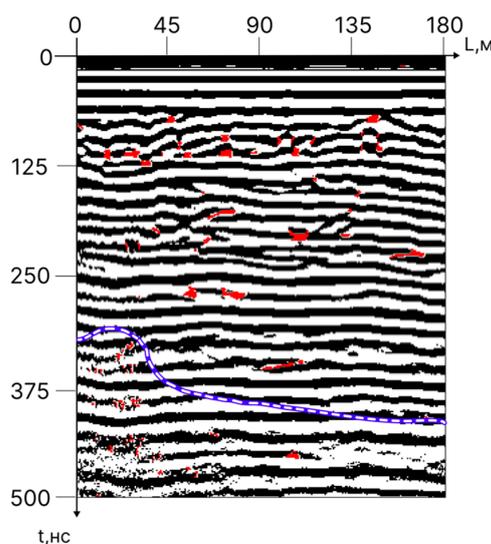


Рис. 5. Пример результата работы модели ИНС

Заключение

Разработана система распознавания волновых образов трещин массива горных пород по данным георадиолокационных измерений на основе применения методов искусственного интеллекта. Для создания обучающего набора данных использовалась модель георадиолокационного разреза массива мерзлых горных пород с трещиной [15], которая была усовершенствована для задания нескольких границ слоев и наклонных границ. На основе разработанной модели был создан обучающий набор, состоящий из 100000 синтетических радарограмм. Выбранный сверточный автоэнкодер был оптимизирован по количеству слоев и нейронов. После обучения была проведена апробация разработанной модели ИНС на данных георадиолокационного исследования массива мерзлых горных пород криолитозоны. Апробация модели ИНС показала высокую эффективность модели ИНС. Тем не менее, в работе модели наблюдаются некоторые недостатки.

Разработанная система позволит существенно сократить временные затраты на интерпретацию данных георадиолокации. Дальнейшие исследования будут связаны с повышением точности предсказания, обусловленным расширением обучающего набора данных и разработкой дополнительной модели ИНС.

Список литературы

1. Кирмасов А.Б. Основы структурного анализа. М.: Научный мир, 2011. 368 с.
2. Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород М.: Недра, 1970. 164 с.
3. Соколов К.О. Интерпретация данных георадиолокации для определения зон повышенной трещиноватости массива мерзлых горных пород // Успехи современного естествознания. 2019. № 12. С. 150-155.
4. Arosio D. Rock fracture characterization with GPR by means of deterministic deconvolution // Journal of Applied Geophysics. 2016. Vol. 126. P. 27-34. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2016.01.006.
5. Elkarmoty M., Tinti F., Kasmaeeyazdi S., Giannino F., Bondua S., Bruno R. Implementation of a fracture modeling strategy based on georadar survey in a large area of limestone quarry bench // Geosciences. 2018. Vol. 8, Is. 12. P. 481-496. DOI: 10.3390/geosciences8120481.
6. Conti I.M.M., de Castro D.L., Bezerra F.H.R., Cazarin C.L. Porosity estimation and geometric characterization of fractured and karstified carbonate rocks using GPR data in the salitre formation // Pure and Applied Geophysics. 2019. Vol. 176, Is. 1. P. 1673-1689. DOI: 10.1007/s00024-018-2032-5.
7. Шамаев С.Д. Применение методов искусственного интеллекта при обработке и интерпретации данных геофизических методов // Известия Уральского государственного горного университета. 2022. № 1. С. 86-101.
8. Silvia L., Federico L., Paolo B., Maurizio L., Stefano T. Landmine Detection from GPR Data Using Convolutional Neural Networks // 25-th European Signal Processing Conference (Kos, Greece, 28 August – 2 September 2017). Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017. P. 508-512.
9. Xiang Z., Rashidi A., Ou G. An Improved Convolutional Neural Network System for Automatically Detecting Rebar in GPR Data // ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering (Atlanta, Georgia, 17-19 June 2019). United States: American Society of Civil Engineers, 2019. P. 422-429.
10. Tao L., Yi S., Chunlin H. Inversion of Ground Penetrating Radar Data Based on Neural Networks // Remote Sensing. 2018. Vol. 10, Is. 5. P. 730-740. DOI: 10.3390/rs10050730.
11. Xie L., Zhao Q., Huo J., Cheng G. A Ground Penetrating Radar Data Reconstruction Method Based on Generation Networks // 2020 IEEE Radar Conference (Florence, Italy, 21-25 September 2020). Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020. P. 1-4.
12. Sun H.-H., Lee Y.H., Li C., Ow L.F., Yusof M.L.M., Yucel A.C. The Orientation Estimation of Elongated Underground Objects via Multipolarization Aggregation and Selection Neural Network // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 2022. Vol. 19. P. 1-5. DOI: 10.1109/LGRS.2021.3072923.
13. Yamaguchi T., Mizutani T., Nagayama T. Mapping Subsurface Utility Pipes by 3-D Convolutional Neural Network and Kirchhoff Migration Using GPR Images // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2021. Vol. 59, Is. 12. P. 6525-6536. DOI: 10.1109/TGRS.2020.3030079.
14. Rajiv K., Basaveswara R.B., Ramesh C.G., Ganapathi R.N.V. Exploration of pipelines from the use of GPR data by neural network // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. Vol. 8, Is. 2S11. P. 3711-3715. DOI: 10.35940/ijrte.B1470.0982S1119.
15. Sokolov K.O., Dyagileva R.A., Popkov P.A. Development of a Model of a GPR Section of a Frozen Rock Mass with a Crack // Engineering and Mining Geophysics. (26 April 2021). Netherlands: European Association of Geoscientists & Engineers. 2021. P. 1-5.
16. Zheng T., Jie G., Haitao Z. Recognition, location, measurement, and 3D reconstruction of concealed cracks using convolutional neural networks // Construction and Building Materials. 2017. Vol. 146. P. 775-787. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.04.097.
17. Шамаев С.Д. Разработка системы распознавания волновых образов трещин массива рных пород на основе нейронных сетей // Аммосов-2022 (г. Якутск, 22 апреля 2022 г.). Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2022. С. 86-101.
18. Xiao-Jiao Mao, Chunhua Shen, Yu-Bin Yang. Image restoration using convolutional auto-encoders with symmetric skip connections // 30th Conference on Neural Information Processing Systems (Barcelona, 5-10 December 2016). United States: Neural Information Processing Systems, 2016. P. 2810-2818.

УДК 550.3:621.643
DOI 10.17513/use.38080

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБ ИЗ ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сулейманова Р.М., Кострюкова Н.В., Мельникова А.С.

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа,
e-mail: rita.suleymanova2017@yandex.ru*

С целью повышения безопасности функционирования трубопроводов для транспортировки нефтепродуктов выполнен анализ аварийности нефтепроводов. Установлено, что большая часть дефектов в трубопроводах появляется в результате коррозионных и кавитационных повреждений. При анализе распределения причин аварий на трубопроводах, не учитываемых при применении полимерно-композитного материала (ПКМ), выявлено, что 54% аварий могли не случиться. Перечислены преимущества при применении ПКМ труб. Выполнен расчет частоты отказов нефтепроводов, изготовленных из традиционных и композитных материалов. Рассчитано значение риска аварийных ситуаций на магистральных нефтепроводах. Выявлено, что при использовании полимерно-композитных материалов частоту разгерметизации и риск аварий удастся снизить в 2,17 раза. В среде ANSYS проведено моделирование кавитационных процессов в трубопроводах. Установлено, что основным местом локализации кавитационных пузырьков является колено трубопровода. Выполнен прочностной анализ методом эквивалентных нагружений в среде ANSYS Static structural. Установлено, что ПКМ и сталь проходят проверку по минимальному показателю коэффициента запаса прочности. После чего проведено исследование на скорость разрушения материалов под действием кавитации. В результате установлена высокая прочность ПКМ к кавитационной и коррозионной эрозии по сравнению с традиционными материалами.

Ключевые слова: безопасность, нефтепровод, анализ аварийности, коррозионный износ, частота разгерметизации

IMPROVING THE SAFETY LEVEL OF PIPELINES FOR THE TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS BASED ON THE USE OF PIPES MADE OF POLYMER-COMPOSITE MATERIALS

Suleymanova R.M., Kostryukova N.V., Melnikova A.S.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, e-mail: rita.suleymanova2017@yandex.ru

In order to improve the safety of the functioning of pipelines for the transportation of petroleum products, an analysis of the accident rate of oil pipelines was performed. It is established that most of the defects in pipelines appear as a result of corrosion and cavitation damage. When analyzing the distribution of the causes of accidents on pipelines that are not taken into account when using polymer composite material (PCM), it was found that 54% of accidents could not happen. The advantages of using PCM pipes are listed. The failure rate of oil pipelines made of traditional and composite materials has been calculated. The value of the risk of accidents on the main oil pipelines is calculated. It is revealed that when using polymer-composite materials, the frequency of depressurization and the risk of accidents can be reduced by 2.17 times. Simulation of cavitation processes in pipelines was carried out in the ANSYS environment. It is established that the main location of cavitation bubbles is the elbow of the pipeline. The strength analysis was performed by the method of equivalent loads in the ANSYS Static structural environment. It is established that PCM and steel are tested according to the minimum safety factor. After that, a study was conducted on the rate of destruction of materials under the influence of cavitation. As a result, the high strength of the PCM to cavitation and corrosion erosion has been established in comparison with traditional materials.

Keywords: safety, oil pipeline, accident analysis, corrosion wear, depressurization frequency

Большинство эксплуатируемых трубопроводов в нефтегазовой отрасли изготовлено из стальных труб, характеризующихся высокой степенью износа. Длительный срок эксплуатации существующих трубопроводных систем страны (примерно 285 тыс. км), требует от отрасли эффективных решений, направленных на реновацию трубопроводного фонда [1].

В целях обеспечения безопасного функционирования трубопроводов является важ-

ным прогнозирование и предупреждение повреждений, вызванных воздействием кавитационной и коррозионной эрозии, проявляющихся в виде местного разрушения в трубопроводах, металлические поверхности которых соприкасаются с потоком жидкости, когда в нем возникают местные падения давления. Причиной разрушения металла являются повторные местные ударные нагружения, возникающие при схлопывании пузырьков пара.

В мировой практике наблюдается тенденция к использованию полимерных композиционных материалов для трубопроводов, поскольку они обеспечивают минимальную массу конструкции при большей прочности, надежности и долговечности при работе в тяжелых условиях нагружения, высоких температурах и в агрессивных средах.

Целью данной работы является снижение риска аварий при функционировании трубопроводов нефтегазовой отрасли на основе применения полимерного композиционного материала ввиду его высокой коррозионной и кавитационной стойкости.

Для достижения данной цели необходимо выполнить ряд задач:

- Проанализировать статистические данные аварий на магистральных нефтепроводах.

- Оценить снижение значения частоты разгерметизации и риска аварий на магистральных нефтепроводах за счет применения ПКМ.

- Провести моделирование кавитационных процессов с целью определения локализации кавитационных пузырьков.

- Рассчитать запасы прочности для трубопроводов из стали и ПКМ при проведении прочностного анализа для определения их прохождения по минимальному запасу прочности.

- Провести сравнительную оценку риска функционирования объекта с трубопроводами из традиционных и полимерно-композиционных материалов, проведя исследование кавитационного разрушения.

Материалы и методы исследования

В работе проведен анализ аварийности нефтепроводов на территории бывшего СССР (в пределах территории современной России) и РФ за период 1989–2022 гг. Аварии были собраны из всех доступных источников, основной – Ростехнадзор [2]. Результаты анализа аварийности нефтепродуктопроводов позволили установить причины аварий, выявить основные причины аварий, а также оценить вклад каждой причины в общее количество аварий.

Расчет частоты разгерметизации магистрального нефтепровода ($\text{год}^{-1}\text{км}^{-1}$) производился по формуле [3]:

$$B = A / (O \cdot \Gamma), \quad (1)$$

где A – количество аварий на магистральных нефтепроводах, зарегистрированных за исследуемый период (331 авария);

O – общая длина магистральных нефтепроводов в РФ ($2,5 \cdot 10^8$ м);

Γ – количество лет, за которые фиксируются аварии (33 года).

Расчет риска аварии на магистральном нефтепроводе производился в соответствии с методикой [3]. Риск аварии определяется по формуле

$$R = \sum_1^n \lambda_i \cdot Q_i,$$

где λ_i – частота разгерметизации магистрального нефтепровода;

Q_i – условная вероятность реализации i -го опасного сценария.

Для моделирования кавитационных процессов использовался программный модуль ANSYS в среде CFX [4].

Расчет на прочность выполнялся на основе программного комплекса ANSYS Static Structural. Необходимость учета влияния различных материалов требует проведения расчетов с соответствующими параметрами. Для каждого расчета необходимо указывать соответствующие виды материалов и их параметры. Значения сил, применяемые в расчетах, берутся в соответствии с аналитическим расчетом, проведенным в модуле CFD Post. Параметры используемых материалов находятся в библиотеке комплекса ANSYS. Далее задается схема нагружения и проводится прочностной расчет.

Сравнительная оценка риска функционирования объекта с трубопроводами из традиционных и полимерно-композиционных материалов при исследовании кавитационного разрушения. Проведена оценка прочности и напряженно-деформированного состояния трубопровода при кавитационном воздействии. В исследовании приняты следующие значения скорости износа в мм/час: Сталь Ст3: от 0,1 до 0,5 мм/час (твердость 131 МПа). Для ПКМ скорость износа установлена посредством моделирования и составила 0,0025 мм/час.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлено распределение причин аварий на трубопроводах в 1989–2022 гг. [2]. Согласно рис. 1 установлено, что основными причинами аварий являются механическое воздействие на трубопровод и коррозионный износ.

Сведения об авариях на нефтепродуктопроводах в РФ в 1989–2022 гг., вызванных коррозионными явлениями, представлены на рис. 2.

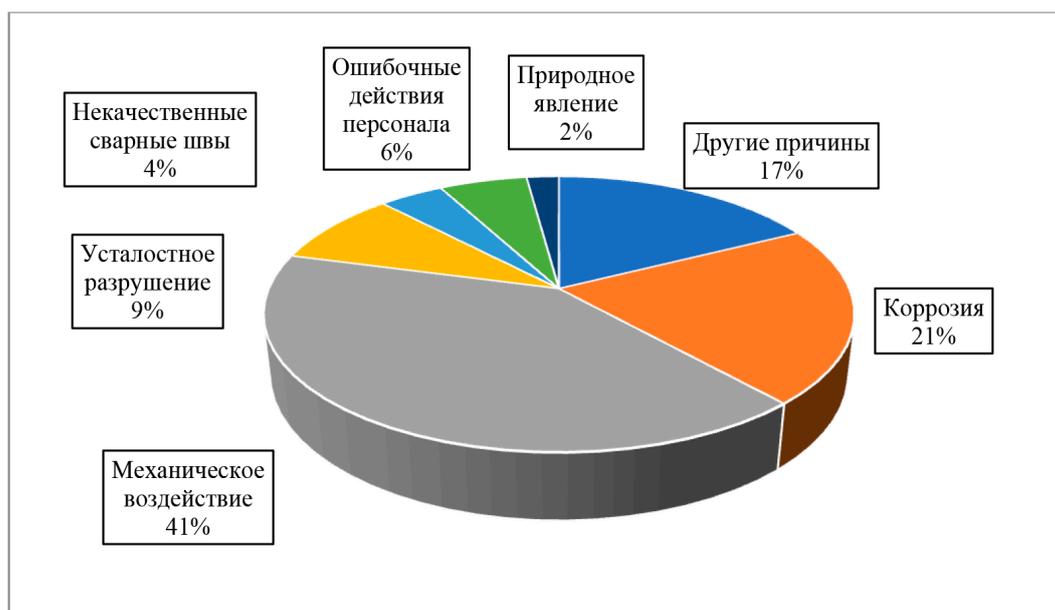


Рис. 1. Распределение причин аварий на трубопроводах в 1989–2022 гг.

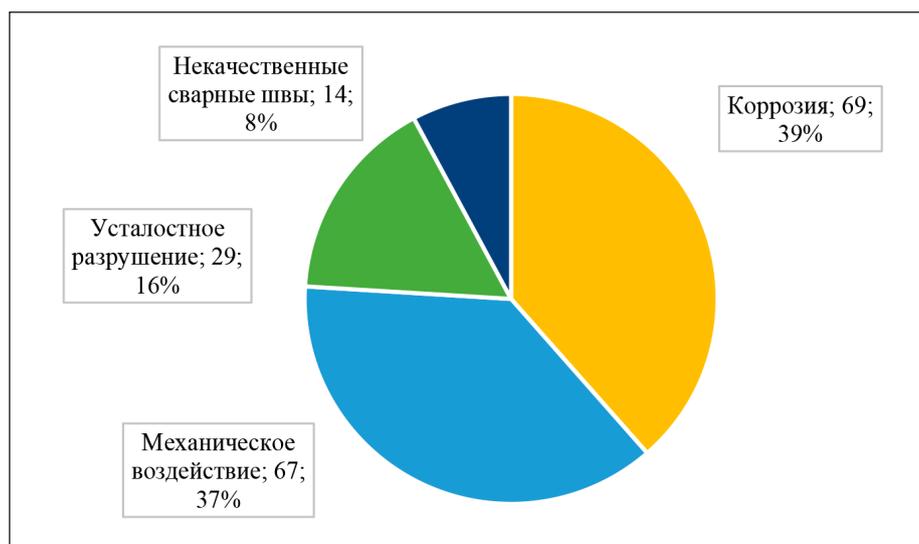


Рис. 2. Распределение причин аварий на трубопроводах, не учитываемых при применении ПКМ, в 1989–2022 гг.

При анализе данных рис. 2 можно сделать вывод о том, что при изготовлении трубопроводов и насосов из ПКМ 179 аварий из 331 могли не случиться.

Применение ПКМ труб позволяет достичь следующих преимуществ: высокая прочность. ПКМ трубы обладают высокой прочностью и износостойкостью, что увеличивает их долговечность и уменьшает необходимость в ремонте; устойчивость к коррозии. Полимерные материалы

не подвержены коррозии, что увеличивает безопасность транспортировки и снижает риск аварий; устойчивость к химическим агентам [4].

Поскольку применение ПКМ в качестве основного материала трубопровода позволяет значительно повысить коррозионную стойкость, имеет смысл рассчитать частоту разгерметизации нефтепроводов в Российской Федерации, изготовленных из традиционного материала и ПКМ.

Таблица 1

Сравнение значения риска аварий на магистральном нефтепроводе, изготовленном из традиционных и полимерно-композиционных материалов

Событие			
Факельное горение	Огненный шар	Пожар пролива	Горение или взрыв облака
Вероятность реализации события			
0,0000400	0,0000045	0,0475000	0,1900000
Риск аварии (традиционный материал)			
$1,6 \cdot 10^{-9}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$7,61 \cdot 10^{-6}$
Риск аварии (полимерно-композиционный материал)			
$7,36 \cdot 10^{-10}$	$8,28 \cdot 10^{-11}$	$8,74 \cdot 10^{-7}$	$3,496 \cdot 10^{-6}$

В результате расчетов установлено, что частота разгерметизации трубопроводов из традиционных материалов составляет $4,01 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹·км⁻¹. Частота разгерметизации трубопроводов из ПКМ составляет $1,84 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹·км⁻¹. Таким образом при использовании трубопроводов из ПКМ частота отказов снижается в 2,17 раза.

Частоты реализации опасных событий, связанных с разгерметизацией нефтепроводов, изготовленных из традиционных и полимерно-композитных материалов, представлены в табл. 1.

Согласно данным табл. 1 риск возникновения опасных сценариев при заданной частоте разгерметизации нефтепровода, из-

готовленного из полимерно-композиционных материалов, ниже, чем у нефтепровода, изготовленного из традиционного материала, в 2,17 раза.

Моделирование кавитационных процессов с целью определения локализации кавитационных пузырьков [5]. Моделирование кавитационных процессов происходит в программном модуле ANSYS в среде CFX, для чего создается 3D-модель в графическом редакторе Компас-3D, с заранее рассчитанными параметрами. Далее модель сохраняется в формате Parasolid x_t и загружается в программный комплекс ANSYS. Результаты вычислительного эксперимента для трубопровода показаны на рис. 3 и 4.

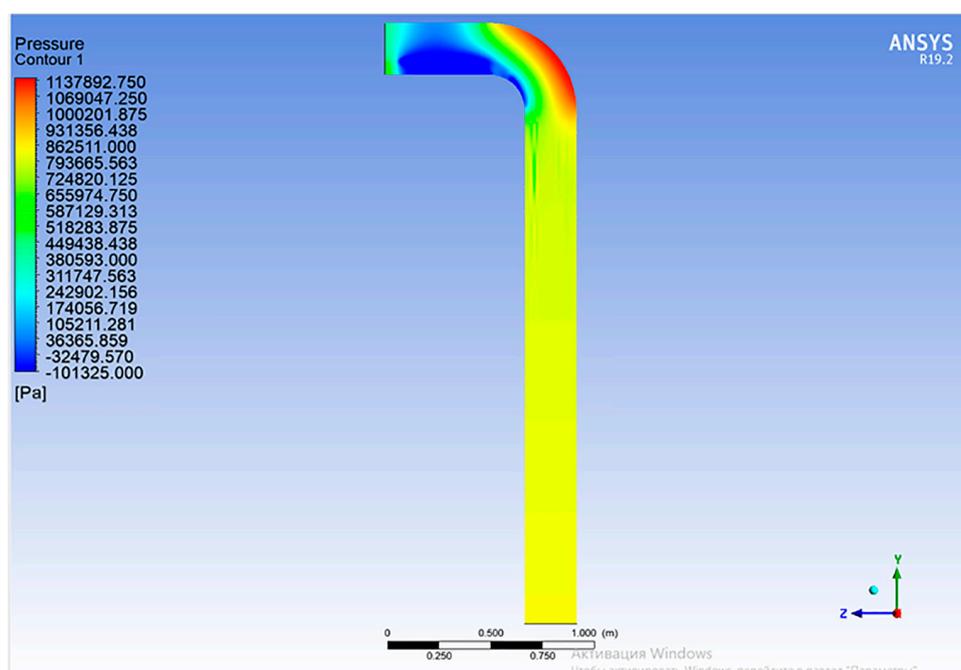


Рис. 3. Поле давлений

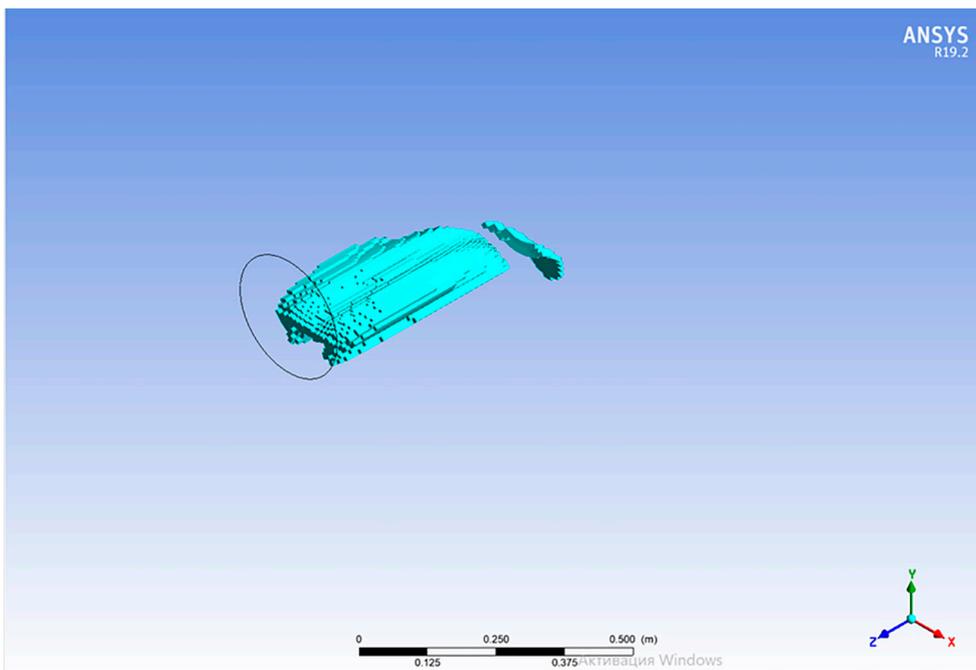


Рис. 4. Локализация кавитационных пузырьков

На рис. 3 изображено поле давлений на проточной части трубопровода и колене. Минимальное давление равняется давлению насыщенного пара.

На рис. 4 показана локализация кавитационных пузырьков в колене трубопровода.

В соответствии с поставленной задачей был рассчитан запас прочности (Safety Factor) для выбранного материала. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты вычислительного эксперимента

Геометрия	Виды материалов	Запас прочности/ Safety Factor
Трубопровод	Углеродистая сталь	5,75
Трубопровод	Углепластик	5,26

По результатам проведенного расчета можно сказать, что результаты проходят проверку по минимальному коэффициенту запаса, равному 2,5 для ПКМ и 1,5 для традиционных материалов в пределах погрешностей, связанных с правильно заданными условиями задачи и возможностями вычислительной техники.

Для послойного анализа на скорость кавитационного разрушения были выбраны

углепластик и нержавеющая сталь. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследования материалов на кавитационную стойкость

Время воздействия	Трубопровод из углепластика	Трубопровод из стали
До полного разрушения	1920 ч	1081 ч
Снижение риска при эксплуатации	В 1,77 раз	

Согласно данным табл. 3 ПКМ являются более стойкими к кавитационным воздействиям, возникающим в трубопроводах. Таким образом снижение риска при эксплуатации трубопроводов из ПКМ составляет 1,77 раза.

Заключение

Проведен анализ аварий разрушений и отказов трубопроводов. Установлено, что основными причинами аварий являются механическое воздействие на трубопровод и коррозионный износ. Аварии, вызванные коррозионными причинами, составляют 54% случаев. Из чего следует, что наиболее перспективным является замена традиционного материала трубопроводов на композиционный.

Показано, что в результате замены нефтепроводов, изготовленных из традиционных материалов, нефтепроводами, изготовленными из ПКМ, удастся снизить частоту их разгерметизации и, как следствие, риск аварий в 2,17 раз.

Смоделированы кавитационные процессы в ПО Ansys. Установлено, что локализация кавитационных пузырьков наблюдается в колене трубопровода (рис. 4). Рассчитаны запасы прочности для трубопроводов из стали и ПКМ. Результаты проходят проверку по минимальному коэффициенту запаса, равному 2,5 и 1,5 для ПКМ и стали.

Проведена сравнительная оценка риска функционирования объекта с трубопроводами из традиционных и полимерных композитных материалов. В результате исследований было выявлено, что полное разрушение углепластика происходит позже, чем полное разрушение нержавеющей стали в трубопроводе. Снижение риска при эксплуатации трубопроводов из ПКМ составляет 1,77 раза.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что воз-

можно добиться снижения риска аварий при функционировании трубопроводов нефтегазовой отрасли на основе применения полимерного композиционного материала ввиду его высокой кавитационной и коррозионной стойкости.

Список литературы

1. Гарифуллин А.Ф. Технико-экономическое обоснование применения неметаллических труб для промышленного сбора, магистрального транспорта и распределения нефти, газа и продуктов их переработки // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2021. № 4. С. 18–22.
2. Ростехнадзор [Электронный ресурс]. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports. (дата обращения: 22.04.2023).
3. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» // СПС КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902170886> (дата обращения: 06.05.2023).
4. Егоров Д.А. Использование труб из полимерных материалов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 6. С. 100–102.
5. Уколова А.И. Моделирование колеса центробежного насоса с максимальным эффектом кавитации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 5. С. 910–919.

УДК 556.5
DOI 10.17513/use.38081

ПУТИ СОЗДАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ТУКАЕВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

¹Урбанова О.Н., ¹Горшкова А.Т., ¹Бортникова Н.В., ¹Семанов Д.А.,
¹Рыков Р.А., ¹Горбунова В.П., ²Анисимова Л.Г.

¹Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,
Казань, e-mail: rykov97@gmail.com;

²Институт экологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы», Москва

В результате экспедиционного обследования водосборных бассейнов р. Бетьки, Биклянь, Шукралинка (Челна), Шильна, Игат, Тиргауш, являющихся притоками первого порядка р. Кама и Нижнекамского водохранилища, протекающих в Тукаевском муниципальном районе (м.р.) Республики Татарстан (РТ), были измерены расходы с помощью гидрометрической вертушки ГР-21 М методом скорость – площадь и отобраны пробы воды согласно ГОСТ Р 59024-2020 для гидрохимического анализа. Полученные данные наглядно отображены в программном обеспечении QGIS на тематических картосхемах, в дальнейшем именуемых гидрологическими картами или просто картами, показывающими распределение основных гидрологических характеристик по водосборным площадям гидрографической сети исследуемых рек. Это карты измеренных межениных расходов воды, слоя стока 50% обеспеченности, интенсивности подземного питания, класса качества поверхностных вод, отражающие гидрографию и водный режим водных объектов. По величине расходов воды исследованные реки относятся к категории мельчайших, самых малых и малых рек, а по классу качества воды – к загрязненным, грязным, очень грязным. По слою межениного стока 50% обеспеченности большая часть исследуемых водосборных бассейнов находится в рамках 0–40 мм, а по интенсивности подземного питания – 0,5–3 л/(с*км²).

Ключевые слова: QGIS, гидрологические карты, водосборный бассейн, расход воды, слой стока, подземное питание, качество воды

WAYS OF CREATING HYDROLOGICAL MAPS OF THE TUKAEVSKY MUNICIPAL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

¹Urbanova O.N., ¹Gorshkova A.T., ¹Bortnikova N.V., ¹Semanov D.A.,
¹Rykov R.A., ¹Gorbunova V.P., ²Anisimova L.G.

¹Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences,
Kazan, e-mail: rykov97@gmail.com;

²Institute of Ecology Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

According to the results of an expedition survey of the catchment basins of the rivers Bet'ki, Biklyan', Shukralinka (Chelna), Shil'na, Igat, and Tirgaush, which are tributaries of the first order of the Kama River and the Nizhnekamsk reservoir, and their tributaries, flowing in the Tukayevsky municipal district of the Republic of Tatarstan (RT), discharges were measured using a hydrometric turntable GR-21 M by the method velocity – area and water samples were taken according to GOST R 59024-2020 for hydrochemical analysis. The data obtained are clearly displayed in the QGIS software on thematic cartographies, hereinafter referred to as hydrological maps or simply maps showing the distribution of the main hydrological characteristics over the catchment areas of the hydrographic network of the rivers under study. These are maps measured low-flow period discharges, runoff layer of the low flow period 50% duration, intensity of underground feeding, surface water quality class, reflecting hydrography and water regime of water bodies. According to the amount of water consumption, the studied rivers belong to the category of the smallest, smallest and small rivers, and according to the class of water quality – polluted, dirty, very dirty. According to the runoff layer of the low flow period 50% duration, most of the studied catchment basins are within the range of 0 – 40 mm, and according to the intensity of underground feeding – 0,5–3 l/(sec * km²).

Keywords: QGIS, hydrological maps, catchment basin, water discharge, runoff layer, underground feeding, water quality

Изучение всех реальных (река с притоками) и абстрактных (водоразделы, расходы воды, слой, модуль стока и др.) гидрологических объектов и явлений опирается на картографический анализ, поэтому вопросы построения гидрологических карт выделены в самостоятельное тематическое

направление картографии – гидрологическое. Гидрологическую составляющую любой территории можно отобразить графически в виде карт или картосхем, главное отличие которых состоит в схематичном изображении гидрологических объектов на картосхемах. Схематичность заключа-

ется в сильной генерализации географической основы и выборе самых необходимых для показа объектов.

Объекты и явления можно отобразить на картах как методом изолиний, так и методом районирования. Считается, что речной сток, как гидрологическое явление, правильнее показывать методом изолиний. Это утверждение основано на гипотезе, что изменение величины стока в пространстве происходит плавно и непрерывно. Построенные методом изолиний гидрологические карты нашли широкое применение в практике, так как позволяют получать необходимые характеристики стока, не прибегая к сложным полевым исследованиям. С другой точки зрения, правильным методом построения карт стока считается и метод районирования территории, позволяющий группировать объекты и явления, в размещении которых наблюдаются закономерные региональные различия [1, 2]. Этот метод, опираясь на данные стационарных наблюдений за стоком рек, позволяет выявлять районы с разными значениями осредненных гидрологических характеристик. Оба метода (изолиний и районирования) при гидрологическом картографировании взаимно дополняют друг друга. Первый применяется для карт мелких и очень мелких масштабов, а второй – для карт более крупных масштабов.

Для бассейнов малых рек территории Тукаевского м.р. РТ, ставших объектами картографирования, был создан ряд однопредметных (изображен один объект или одно явление) гидрологических картосхем, названных тематическими (гидрологическими) картами или просто картами. Поскольку карты представлены в виде рисунков, то они не имеют координатной сетки, принятого направления сторон света и масштаба.

Все объекты и явления отображены на картах условными знаками, смысл и содержание которых показаны в легенде к каждой карте. Карты составлены в границах, очерчивающих водораздельные пространства изучаемых речных бассейнов. Созданы карты методом районирования территории за исключением карты расходов воды, величины которых изображены линейными знаками вдоль рек. Актуальность создания гидрологических карт этой части РТ обусловлена первым детальным изучением условий и процессов формирования речного стока, изменением структуры речной сети и химического состава вод.

Основная цель создания гидрологических карт малых рек Тукаевского м.р. РТ – детальное отображение строения речной сети и водосборных площадей, их качественных и количественных гидрологических характеристик для возможности их прогноза в неизученных частях бассейнов.

Материалы и методы исследования

Основой создания карт стали результаты экспедиционных обследований бассейнов малых рек Тукаевского м.р. РТ (Бетьки, Биклянь, Шукралинка, Шильна, Игат, Тиргауш). Предварительным этапом полевых работ явилось определение положения бассейнов рек в административном отношении, для чего была использована общегеографическая карта РТ, с помощью которой были намечены створы измерения расходов и отбора проб воды, а также маршрут следования к ним [3]. Водообеспеченность территории бассейнов рек формируется в двух ландшафтных районах (Мензелинском возвышенном и Актанышском низменно-равнинном), где скрещивается взаимное влияние общего и местного климата, рельефа, геологических условий, растительности и животного мира [4].

Определение и анализ гидрологических параметров проводился статистическими и географическими методами. Среди географических методов выбран способ картографического оформления результатов, выраженный в построении гидрологических карт, равнозначных большому количеству цифр в таблицах многостраничного отчета. Основной объект (явление) на картах показан первым планом, например слой или модуль стока, а остальные географические элементы (реки, водоразделы) изображаются уже вторым планом, для лучшего ориентирования.

Методика составления подобных карт отработана довольно хорошо и в большинстве случаев довольно проста. Фактические данные, использованные для построения карт, изображаются условными знаками, разделенными на количественные градации, выбор которых зависит от степени изученности территории и полноты исходных данных. Каждая градация отображена многоцветным фоном, цвет которого отражает возрастание или убывание изображаемого параметра. Качественный фон районирован по количественному признаку.

В качестве программного обеспечения при создании карт использовалась QGIS Desktop. Это свободная геоинформацион-

ная система (ГИС), предназначенная для создания и редактирования данных, производства карт и выполнения аналитических операций.

Результаты исследования и их обсуждение

Первоначальным этапом разработки карт бассейнов малых рек Тукаевского м.р. РТ явилось определение границ водосборных площадей (орографических водоразделов), от размеров которых зависит строение и состав речной сети. В рассматриваемом случае сток шести малых рек Тукаевского м.р. поступает в р. Кама с территории, отделяющей большим орографическим водоразделом от водосбора р. Ик на востоке и р. Степной Зай на западе. Водосборы каждой из обследованных рек разделены водоразделами притоков на различное количество частных (элементарных) бассейнов, количество которых не зависит от величины площади водосбора, а связано с расчлененностью территории, обусловленной различной интенсивностью процессов почвенной эрозии и величиной эрозионного вреза речных русел. Общая площадь водосбора р. Шильна (334,7 км²) и Шукралин-

ка (359,6 км²) примерно одинаковая, но поверхность первой разделена на 66 частных бассейнов, а второй – только на 45. Площадь водосбора р. Тиргауш (118,7 км²) разделена на 24 частных бассейна, а Биклянь (60,9 км²) на 14. На водосборе р. Игат (46,7 км²) сформировалось 3 частных бассейна, а у р. Бетьки (21,9 км²) только 1. В целом же водосборы шести обследованных рек состоят из 153 частных бассейнов [5, 6]. Поскольку отразить точное местоположение каждого частного водосбора затруднительно, была проведена их генерализация, в результате которой на представленных ниже картах показаны только наиболее крупные водосборы, по площадям которых проведены расчеты гидрологических характеристик.

Реки Тукаевского м.р. по своим параметрам относятся к категории мельчайших, самых малых и малых рек не только по длине (9,4–39,2 км) и площади водосбора (21,9–359,6 км²), но и по величине расходов воды (0,002–0,404 м³/с). Увеличение расходов воды, происходящее от истока к устью, отображено на карте линейными условными знаками, тянущимися вдоль рек, и выражено в шести градациях – от 0,05 до 0,450 м³/с (рис. 1).

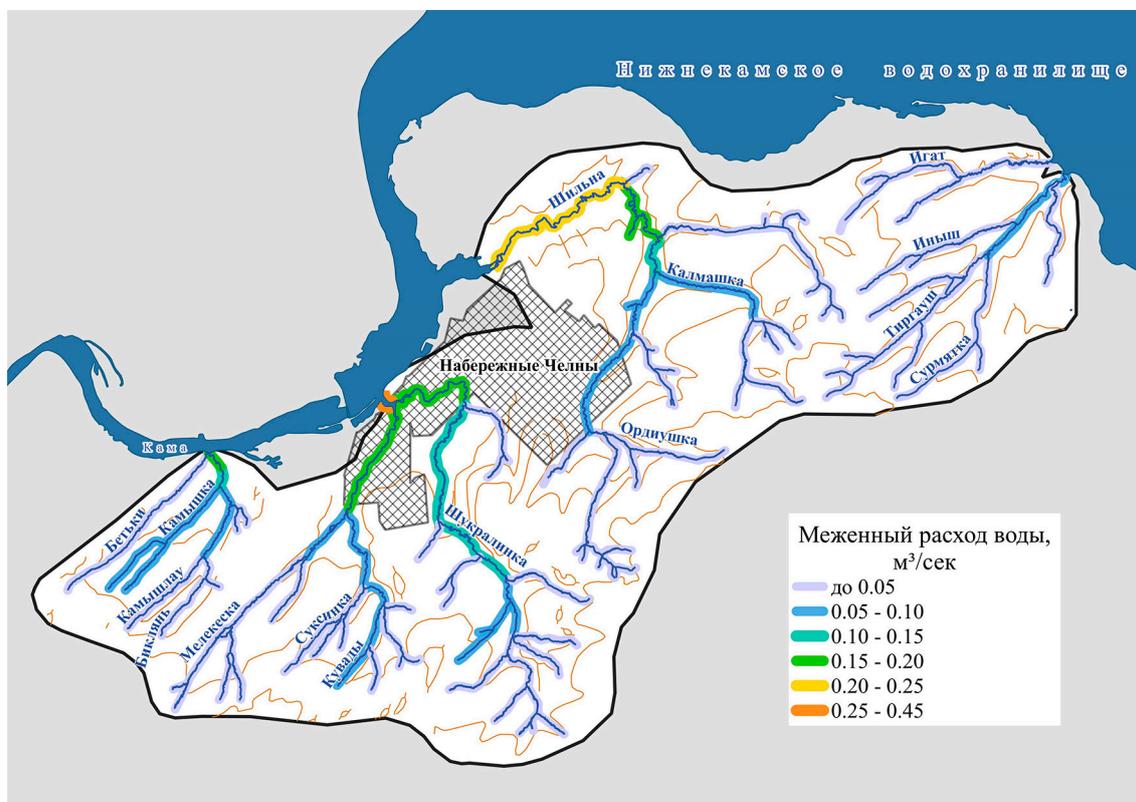


Рис. 1. Измеренные меженные расходы воды малых рек

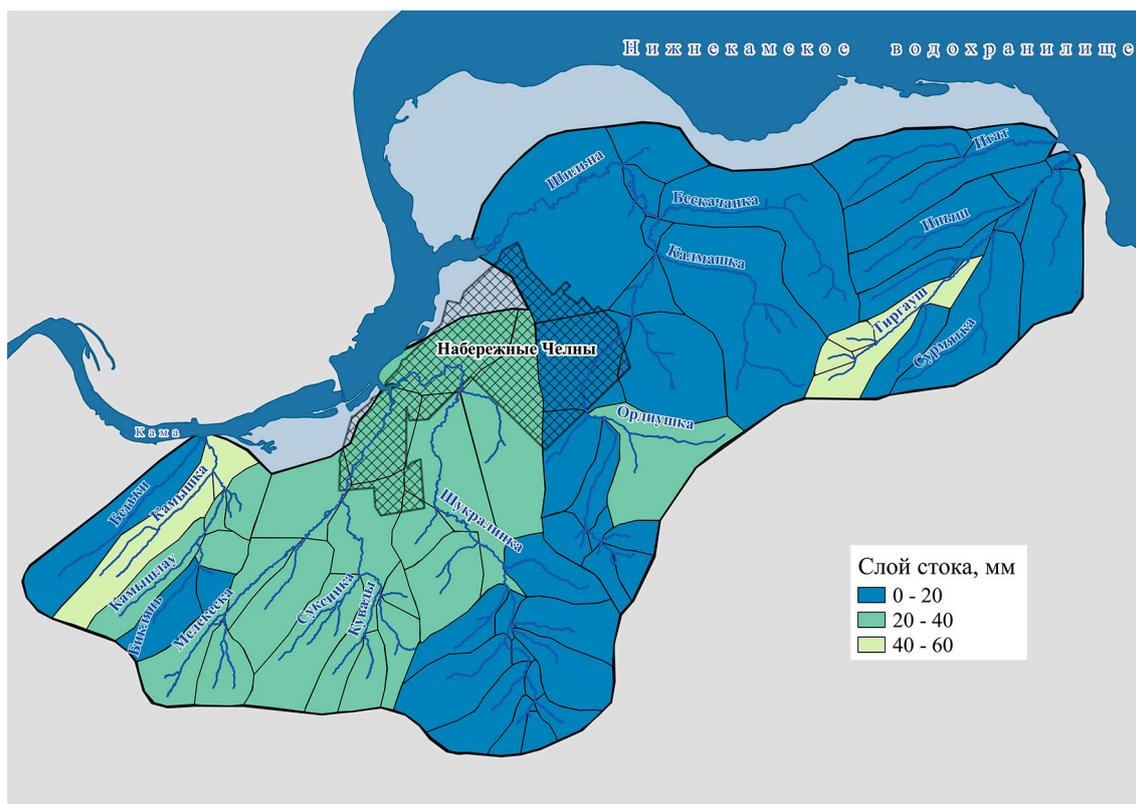


Рис. 2. Слой меженного стока 50% обеспеченности малых рек

Самое малое количество воды формируется в устьях р. Бетьки ($0,012 \text{ м}^3/\text{с}$) и Игат ($0,011 \text{ м}^3/\text{с}$). Расход воды р. Биклянь и Тиргауш немного выше ($0,086$ и $0,075 \text{ м}^3/\text{с}$), а расход Шукралинки и Шильны, пересыхающих в истоках, в устье равен $0,404$ и $0,223 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно.

Количественные характеристики стока тесно связаны друг с другом, и для перехода от одних к другим существуют эмпирические формулы, по которым был рассчитан обеспеченный (50%) слой меженного стока в бассейнах обследованных рек. Для наглядного его распределения по территории методом районирования (количественный фон отображен цветной заливкой) построена карта, представленная на рис. 2.

Районирование производилось по бассейновому принципу, когда за единицу района брался бассейн реки до замыкающего створа, на котором величина стока интегрируется с различных ландшафтов. Это считается принципиально правильным и обоснованным, так как позволяет установить причинную связь между величиной слоя стока и географическим ландшафтом частных водосборов. При выделении градаций

районов неизбежна генерализация исходных данных. Всего на карте выделено три градации значений слоя стока: $0-20$ мм, $20-40$ мм, $40-60$ мм. К первой группе территорий ($0-20$ мм) относятся: весь бассейн р. Бетьки, истоки р. Биклянь, верхнее течение р. Шукралинка (водосборы первых восьми притоков), почти весь водосбор р. Шильна, бассейн р. Игат и основная часть водосбора р. Тиргауш. Ко второй группе территорий ($20-40$ мм) относятся: среднее и нижнее течение р. Шукралинки, основная часть водосбора р. Биклянь. Третью группу территорий ($40-60$ мм) составляют несколько частных бассейнов малых рек. Это водосбор р. Камышка (левый приток р. Биклянь). Отметим, что на водосборе р. Биклянь ($60,9 \text{ км}^2$) маленькая величина слоя стока постепенно увеличивается к устью реки. А на водосборе р. Тиргауш наблюдается обратная картина. От истоков реки слой поверхностного стока уменьшается от 55 мм до 26 и 13 мм.

Увеличение расходов воды к устью обеспечивается поступлением в основную реку воды, приносимой как поверхностным, так и подземным путем. Подземное питание, поддерживающее наличие речной

воды в период межени, выражается модулем подземного стока или его интенсивностью, определяемой в литрах за секунду с квадратного километра частного водосбора ($л/(с \cdot км^2)$). На основании вычисленных величин модулей подземного питания для элементарных бассейнов составлена карта его интенсивности. Легенда карты показывает всю гамму переходов от самых низких к максимально высоким значениям. Модуль или интенсивность подземного питания обследованных рек, как абстрактное явление, отражен на карте площадными или контурными условными знаками (рис. 3).

На карте выделено 9 градаций, говорящих о разнообразии условий формирования и поступления подземной воды в реки. Величина модуля подземного стока обследованных рек колеблется от 0 (нуля) до 10 и более $л/(с \cdot км^2)$, что создает пеструю картину в его распределении по элементарным бассейнам. Если интенсивность подземного питания в бассейне Бетьки низкая во всем бассейне, то у рядом расположенной Бикляни она очень низкая в истоках, средняя на левосторонних притоках, повышенная, высокая и чрезвычайно высокая на отдель-

ных правосторонних притоках. Бассейн Шукралинки обеспечен средним и повышенным поступлением подземной воды в их русла. Очень большое разнообразие в подземном питании наблюдается у Шильны. Для большей части ее бассейна характерна средняя его интенсивность. Но левые притоки среднего течения и устье реки отмечены отсутствием поступления подземной воды в русло. Это характерно и для бассейна Игата, который в зимнюю межень не получает подземного питания, равно как и поверхностного стока в летнюю межень, т.е. река в межень маловодных лет практически пересыхает. Низким подземным стоком отмечена и р. Тиргауш. Одной из причин низких показателей может быть малая глубина эрозионного вреза русел рек [7].

Малые реки Тукаевского м.р., в силу своих небольших гидроморфологических характеристик, не могут противостоять антропогенным нагрузкам. Поэтому качество речной воды в них относится по показателю индекса загрязненности вод (ИЗВ) к категории загрязненных (IV класс качества), грязных (V класс качества), очень грязных (VI класс качества) (рис. 4).

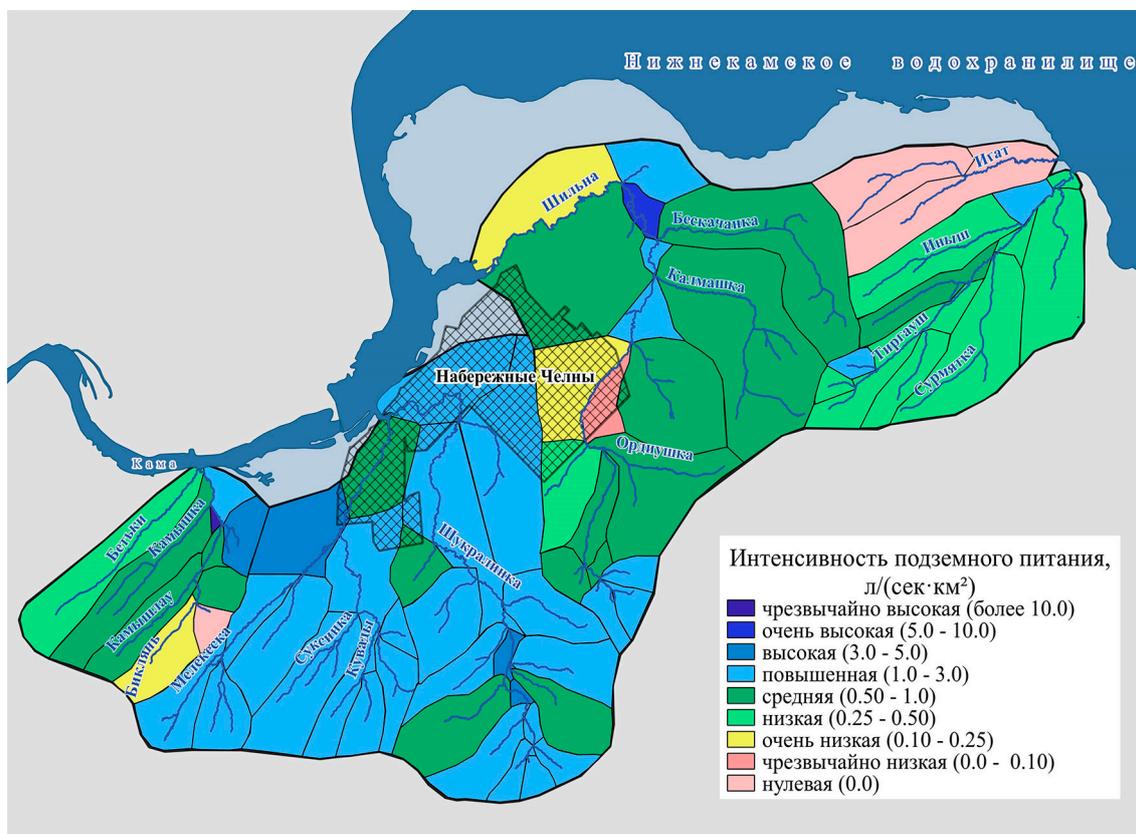


Рис. 3. Интенсивность подземного питания малых рек Тукаевского м.р. РТ

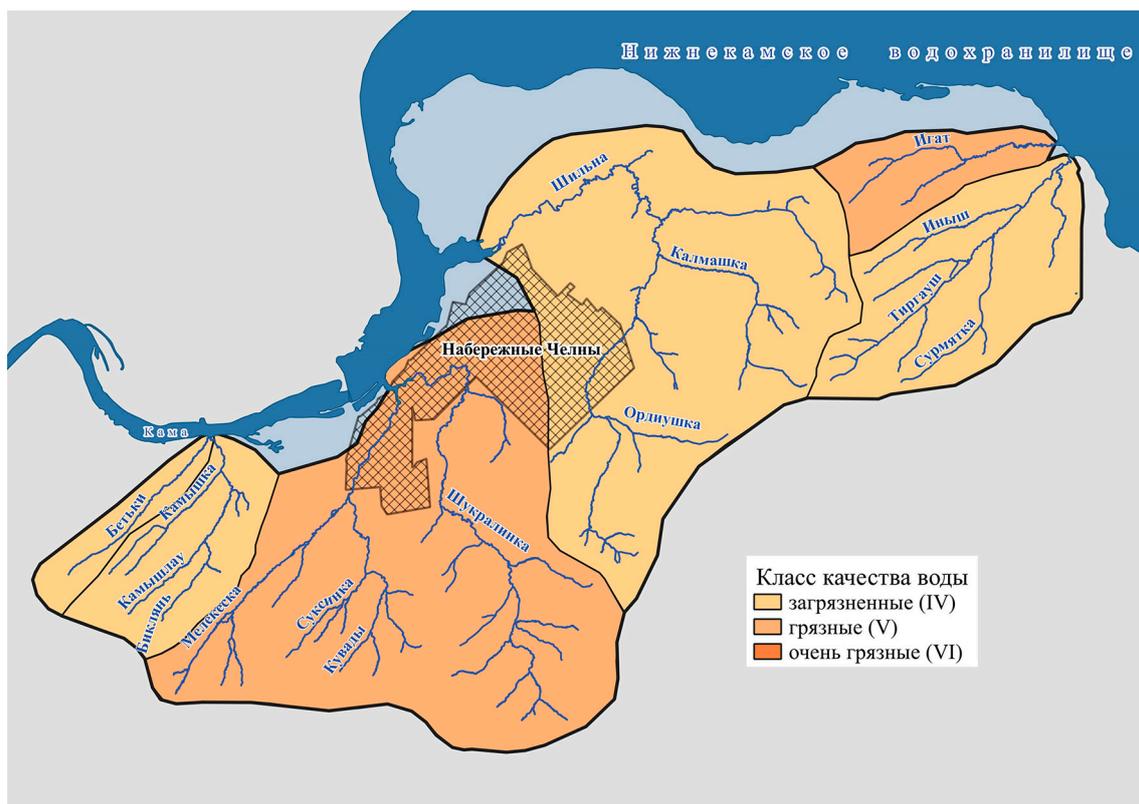


Рис. 4. Класс качества поверхностных вод

Рассматривая класс качества с экологической точки зрения, отметим, что наиболее чистая вода протекает в р. Тиграуш, Шильна, Биклянь и Бетьки, но тем не менее она относится к IV классу качества. Реки имеют значительную антропогенную нагрузку, богаты биогенами, вызывающими вторичное загрязнение воды. Имеют ограничения по использованию для рекреации и рыбоводства. Исключение составляют р. Игат и Шукралинка, речная вода которых относится к V («грязные» воды) и VI классу качества («очень грязные» воды). Присутствие данных загрязняющих веществ объясняется поступлением в водоемы ливневых вод с территорий промышленных предприятий города, в том числе с литейного завода ПАО «КамАЗ» [8].

Заключение

Создание гидрологических (тематических) карт базируется на полноте информационной базы данных, которая должна содержать материалы не только многосторонне характеризующие территорию, но и сопоставимые друг с другом. С помощью тематической карты получают новые знания и даже делают прогнозы.

В соответствии с общим порядком проведения гидрологических исследований, результатом которых являются гидрологические карты, их создание базируется на трех этапах работ: предварительном, полевом и камеральном. Основой предварительного этапа является изучение по общегеографическим картам района исследования, назначение мест измерения расходов, отбора проб воды и маршрута к ним. Во время полевого обследования в намеченных створах собирается фактический материал, необходимый для расчета и анализа формирования качественного состава и количественных запасов водных ресурсов. Камеральные работы позволяют по значениям расходов воды, полученным в ходе их измерения в полевых условиях, рассчитать гидрологические характеристики обследованных рек и их притоков, а затем построить гидрологические карты, заменяющие объемные отчеты с большим цифровых данных.

Гидрологические карты бассейнов малых рек Тукаевского м.р. РТ, инструментальной средой для которых явилась геоинформационная система QGIS Desktop, отображали не только водосборные площади и речную сеть территории, но и водный

режим рек (меженные расходы воды, слой стока, модуль подземного питания, класс качества поверхностных вод).

Список литературы

1. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Урбанов Д.А. Картографическая основа оценки водных ресурсов Республики Татарстан // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 5–3. С. 128–132.
2. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 468–484.
3. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Павлова О.Г., Бортникова Н.В., Валетдинов А.Р. Использование данных гидрометеорологических исследований при планировании работ на водных объектах // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2016. № 1 (65). С. 21–24.
4. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ. Казань: ООО «Слово». 2007. 410 с.
5. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Казань: Фолиант, 2018. 521 с.
6. Длины малых рек Республики Татарстан. Справочник. Казань: ЗАО «Новое знание», 2003. 319 с.
7. Яковлев П.И. Основные факторы формирования низкого подземного притока на реках Кашинка и Корожечна и других соседних волжских водотоках в северо-восточной части Тверской области // Ростовский научный журнал. 2018. № 12. С. 409–426.
8. Падемирова Р.М., Донскова Ю.В., Смирнова Н.Н. Качество поверхностных вод в районе г. Набережные Челны Республики Татарстан // Евразийский союз ученых. 2016. № 31–2. С. 25–27.