



ИД «Академия Естествознания»

**УСПЕХИ
СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Научный журнал

№ 10 2023



**ADVANCES
IN CURRENT
NATURAL SCIENCES**

Scientific journal

No. 10 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. *Ивашиевич 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. *Пирумян 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. *Шалишев Б.Н.* (Ош); д.т.н., проф. *Шантарин В.Д.* (Тюмень); д.т.н., проф. *Шатов А.А.* (Уфа); д.ф.-м.н., проф. *Шарапов 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

31.10.2023

Дата выхода номера

30.11.2023

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

13,25

Тираж

1000 экз.

Заказ

УСЕ 2023/10

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

Advances in current natural sciences

Scientific journal

The journal has been published since 2001.

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

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

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

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

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

CHIEF EDITOR

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

Technical editor

Doronkina E.N.

DEPUTY CHIEF EDITOR

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

Corrector

Galenkina E.S.,

Dudkina N.A.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

EDITORIAL BOARD

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

ISSN 1681-7494

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

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

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

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

Periodicity	12 issues per year
Founder, publisher and editors	LLC PH Academy of Natural History
Mailing address	105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial and publisher address	440026, Penza, st. Lermontov, 3
Printing house	LLC SPC Academy of Natural History 410035, Saratov, st. Mamontova, 5
E-mail	edition@rae.ru
Telephone	+7 (499) 705-72-30
Signed for print	31.10.2023
Number issue date	30.11.2023
Format	60x90 1/8
Conditionally printed sheets	13,25
Circulation	1000 copies
Order	YCE 2023/10

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)

СТАТЬИ

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД БОЛЬШОГО И МАЛОГО НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ НА КРЕСС-САЛАТЕ ДЛЯ ИХ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Зайцева О.В., Екимова Н.А., Севостьянов С.М., Дёмин Д.В.</i>	8
ЛИПИДЫ МЕРЗЛОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ <i>Чимитдоржиева Э.О., Цыбенков Ю.Б.</i>	14

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

СТАТЬИ

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ПОКРОВА ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПО ГЛОБАЛЬНЫМ ДАННЫМ О ТИПАХ ЗЕМНОГО ПОКРОВА <i>Берденгалиева А.Н.</i>	20
ГОРОД-КУРОРТ АНАПА – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА <i>Волкова Т.А., Бойко Е.С., Комаров Д.А.</i>	26
ОЦЕНКА ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА КАВКАЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИМЕНИ Х.Г. ШАПОШНИКОВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ <i>Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Халикова В.А., Бабанский М.С., Зверева О.С.</i>	37
ТУРИЗМ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ: ДИНАМИКА, ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ СДВИГИ И ВНУТРЕННИЕ РАЗЛИЧИЯ <i>Литвиненко Т.В., Крылов П.М.</i>	44
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ЗАКАЗНИКА «ЛИФЛЯНДСКИЙ» В АЛТАЙСКОМ КРАЕ: ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ <i>Селезнева Е.В., Ротанова И.Н.</i>	49
ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В КОНТЕКСТЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>Стожко Н.Ю., Калугина И.Ю.</i>	57
ДИСКУССИЯ	
К ВОПРОСУ АДАПТАЦИИ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ <i>Тарасова О.С.</i>	64

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

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Наход В.А., Малов А.И., Зыкова Е.Н.</i>	71
ЦИФРОВОЙ МОНИТОРИНГ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗАЩИТНЫХ ЗОНАХ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ <i>Рада А.О., Кузнецов А.Д., Акулов А.О., Зверев Р.Е.</i>	81

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

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИИ) <i>Николаева Н.А.</i>	88
РАЗВИТИЕ БАСЕЙНОВ РЕК В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОЙ ГЕОДИНАМИКИ <i>Соколова Н.В.</i>	94
БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕРАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ <i>Чупакова А.А., Прасолов С.Д., Морева О.Ю., Прилуцкая Н.С.</i>	101

CONTENTS

Agricultural Sciences (4.1.1)

ARTICLES

ASSESSMENT OF TOXICITY OF WASTEWATER SEWAGE SLUDGE
FROM LARGE AND SMALL SETTLEMENTS ON GARDEN CRESS
FOR SAFE USE

Zaytseva O.V., Ekimova N.A., Sevostyanov S.M., Demin D.V.8

LIPIDS OF PERMAFROST CHERNOZEMS

Chimitdorzhieva E.O., Tsybenov Yu.B.14

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

ARTICLES

MAPPING OF FORESTS IN THE VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN
USING GLOBAL LAND COVER DATA

Berdengalieva A.N.20

ANAPA RESORT – CURRENT STATE AND PROSPECTS
FOR DEVELOPMENT OF TOURISM

Volkova T.A., Boyko E.S., Komarov D.A.26

ASSESSMENT OF THE FLORISTIC STATE OF THE CAUCASUS
NATURE RESERVE IN KRASNODAR KRAI

Zelenskaya T.G., Stepanenko E.E., Khalikova V.A., Babanskiy M.S., Zvereva O.S.37

TOURISM IN THE RUSSIAN FAR EAST: DYNAMICS,
TERRITORIAL SHIFTS AND INTERNAL DIFFERENCES

Litvinenko T.V., Krylov P.M.44

FUNCTIONAL ZONING OF THE RESERVE «LIFLYANDSKY»
IN THE ALTAI KRAI: LEGAL SUPPORT AND SCIENTIFIC
AND PRACTICAL APPROACHES

Selezneva E.V., Rotanova I.N.49

GLOBAL CLIMATE CHANGE IN THE CONTEXT OF CHEMICAL
POLLUTION OF THE ENVIRONMENT

Stozhko N.Yu., Kalugina I.Yu.57

DISCUSSION

ON THE ISSUE OF ADAPTATION OF BRANCHES OF THE NATIONAL
ECONOMY TO CLIMATE CHANGE

Tarasova O.S.64

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

SNOW COVER POLLUTION DURING OPERATION OF THE GYPSUM DEPOSIT IN ARKHANGELSK REGION <i>Nakhod V.A., Malov A.I., Zykova E.N.</i>	71
DIGITAL MONITORING WOOD AND SHRUBS IN PROTECTIVE ZONES OF LINEAR INFRASTRUCTURE OBJECTS <i>Rada A.O., Kuznetsov A.D., Akulov A.O., Zverev R.E.</i>	81

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

ASSESSMENT OF THE STABILITY OF COAL LANDSCAPE IN THE SOUTH YAKUT COAL BASIN OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA) <i>Nikolaeva N.A.</i>	88
RIVER BASINS DEVELOPMENT IN CONDITIONS OF CONTINUOUS GEODYNAMICS <i>Sokolova N.V.</i>	94
BIOGENIC ELEMENTS OF DIFFERENT LAKE TYPES IN THE BOREAL ZONE <i>Chupakova A.A., Prasolov S.D., Moreva O.Yu., Prilutskaya N.S.</i>	101

СТАТЬИ

УДК 635.563:628.381:543.97

DOI 10.17513/use.38107

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД БОЛЬШОГО И МАЛОГО НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ НА КРЕСС-САЛАТЕ ДЛЯ ИХ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Зайцева О.В., Екимова Н.А., Севостьянов С.М., Дёмин Д.В.

ФИЦ Пуцинский научный центр биологических исследований Российской академии наук – обособленное подразделение Института фундаментальных проблем биологии Российской академии наук, Пушино, e-mail: Sevost2000@rambler.ru

Осадки сточных вод (ОСВ) представляют собой суспензии, образующиеся в процессе очистки хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод. ОСВ являются источником макро- и микроэлементов, а также целого спектра минеральных и органических веществ, что делает их ценным сырьем для удобрения. Однако составы (физический, химический и биологический) осадков разных населенных пунктов могут значительно отличаться. Цель – оценить токсичность водных вытяжек осадков сточных вод с территорий, отличающихся по осуществляемой на них человеческой деятельности, для кресс-салата (*Lepidium sativum*). Тестировали осадки, доставленные с Люберецких очистных сооружений г. Москвы (12,5 млн чел., 2561,5 км²) и г. Ступино (66075 чел., 35,5 км², расположен в 99 км к югу от Москвы). Осадки сточных вод крупного города оказали токсичное действие на семена и проростки кресс-салата, а значит, попадание их в окружающую среду в исходном состоянии является опасным, требуются мероприятия по их переработке. ОСВ малого населенного пункта не только не ухудшили рост и развитие растений на ранней стадии онтогенеза, но и стимулировали их. Несмотря на отсутствие информации о химическом составе осадков, биотестирование быстро показывает их токсичность для растений, в частности кресс-салата, что является безусловным плюсом при ограниченности исследователя во времени, ресурсах, а также является важным при принятии решений о дальнейшем использовании или утилизации.

Ключевые слова: токсичность, биотестирование, осадки сточных вод, кресс-салат (*Lepidium sativum*)

ASSESSMENT OF TOXICITY OF WASTEWATER SEWAGE SLUDGE FROM LARGE AND SMALL SETTLEMENTS ON GARDEN CRESS FOR SAFE USE

Zaytseva O.V., Ekimova N.A., Sevostyanov S.M., Demin D.V.

Puschino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences – separate subdivision of the Institute of Fundamental Problems of Biology of the Russian Academy of Sciences, Puschino, e-mail: Sevost2000@rambler.ru

Sewage sludge (WWS) is a suspension formed in the process of cleaning domestic and mixed wastewater. WWS are a source of macro- and microelements, as well as a whole range of mineral and organic substances, which makes it a valuable raw material for fertilizer. However, the compositions (physical, chemical and biological) of sediments from different settlements can differ significantly. Objective: to evaluate the toxicity of water extracts of sewage sludge from areas differing in human activities carried out on them for Garden cress (*Lepidium sativum*). We tested sediments delivered from the Lyubertsy wastewater treatment facilities in Moscow (12.5 million people, 2561.5 km²) and the city of Stupino (66075 people, 35.5 km², located 99 km south of Moscow). The sewage sludge of a large city had a toxic effect on the seeds and seedlings of the Garden cress, which means that its release into the environment in its original state is dangerous and measures for their processing are required. The WWS of a small settlement not only did not impair the growth and development of plants at an early stage of ontogenesis, but also had a stimulating effect. Despite the lack of information on the chemical composition of sediments, biotesting gives a quick answer about their toxicity to plants, in particular Garden cress, which is an absolute plus when the researcher is limited in time, resources, and is also important when deciding on further use or disposal.

Keywords: toxicity, biotesting, sewage sludge, Garden cress (*Lepidium sativum*)

Осадки сточных вод (ОСВ) – суспензии, образующиеся в процессе очистки хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод. Выбор способа использования осадков или необходимости захоронения базируется на достоверном определении макро-компонентного и примесного состава, класса опасности для окружающей среды, санитарно-микробиологических, санитарно-паразитологических показателей и других свойств

осадков и определения соответствия требованиям нормативной документации [1].

ОСВ являются источником макро- и микроэлементов, а также целого спектра минеральных и органических веществ, что делает их ценным сырьем для удобрения [2]. Однако составы (физический, химический и биологический) осадков разных населенных пунктов могут значительно отличаться друг от друга и зависят прежде всего

от содержащихся в сточных водах веществ, источником которых являются жилые дома, общественные заведения, промышленность, сельское хозяйство. Хозяйственно-бытовая и иная человеческая деятельность может стать причиной бактериального и гельминтного заражения осадков, появления высокотоксичных компонентов, в том числе тяжелых металлов, количество которых в некоторых случаях значительно превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) для почвы [1, 2]. Одним из способов быстро оценить потенциальную опасность объекта являются методы биотестирования, в частности на высшем растении кресс-салате (*Lepidium sativum*) [3].

Цель исследования – оценить токсичность водных вытяжек осадков сточных вод с территорий, отличающихся по осуществляемой на них человеческой деятельности, для кресс-салата (*Lepidium sativum*).

В задачи входило: 1) определение фитотоксичности выбранных ОСВ для высшего растения кресс-салата, 2) оценка метода биотестирования на кресс-салате для установления токсичности вещества.

В качестве опытных образцов были использованы осадки, доставленные с Люберецких очистных сооружений г. Москвы (12,5 млн чел., 2561,5 км²) и г. Ступино (66075 чел., 35,5 км², расположен в 99 км к югу от Москвы).

Материалы и методы исследования

1. Определение фитотоксичности для кресс-салата методом биотестирования [3].

Ход работы:

– Приготовить водную вытяжку осадка сточных вод в соотношении субстрата к воде 1:5.

– Перенести суспензию в чашку Петри слоем 4 мм и накрыть ее фильтровальной бумагой.

– На фильтровальную бумагу равномерно распределить 30 семян кресс-салата.

– Закрыть чашку Петри крышкой и инкубировать при температуре 22±1°С. После инкубации подсчитать количество проростков в контрольной и опытной чашках и вычислить процент снижения числа проросших семян в опытной чашке по сравнению с контрольной. Разница в 10% не принимается во внимание, опытный образец считать экологически чистым. Снижение числа проростков в исследуемом варианте по сравнению с контрольным на 10–30% говорит о слабой фитотоксичности. Разница от 30 до 50% указывает на среднюю

степень фитотоксичности почвы, а выше 50% – свидетельствует о высокой (недопустимой) степени фитотоксичности почвы.

– Измерить длины корня и проростка, сравнить между собой данные по опытным образцам и контролю.

2. Статистическая обработка данных.

Для сравнения морфологических показателей (длины корня и побега) были вычислены такие показатели, как среднее арифметическое, мода, стандартное отклонение, U-критерий Уилкоксона (Манна – Уитни).

– Мода [4] – значение признака, которое имеет наибольшую частоту в статистическом ряду распределения.

Модальный класс (M_o) – класс, который представлен максимальной численностью.

Значение признака, которое находится в центре вариационного ряда, отражает наиболее типичного представителя в данной совокупности.

Мода внутри модального класса вычисляется по формуле

$$M_o = X_{M_o} + k \frac{f_{M_o} - f_{M_{o-1}}}{2f_{M_o} - f_{M_{o-1}} - f_{M_{o+1}}}, \quad (1)$$

где X_{M_o} – нижняя граница модального класса;

k – межклассовый интервал (ширина класса);

$f_{M_o}, f_{M_{o-1}}, f_{M_{o+1}}$ – частоты в модальном, предыдущем и следующем за модальным классом, который определяется по наибольшей частоте.

– Для проверки нулевой гипотезы использовался U-критерий Уилкоксона (Манна – Уитни).

Нулевая гипотеза [4] – это гипотеза о том, что две совокупности, которые сравниваются по одному или нескольким признакам, не отличаются. Другими словами, исследуемый фактор не влияет на анализируемые совокупности.

Противоположной нулевой гипотезе (H_0) является альтернативная гипотеза (H_A). При ее принятии делается вывод о том, что исследуемый фактор оказывает существенное влияние и анализируемые выборки существенно различаются по каким-либо параметрам.

U-критерий Уилкоксона (Манна – Уитни) – ранговый критерий для независимых выборок.

Этапы расчета [4]:

а) расположить варианты двух выборок в общий ряд по возрастанию и пронумеровать члены ряда от 1 до $N = n_1 + n_2$;

б) отдельно для каждой выборки найти суммы рангов R и определить величины по формулам

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}, \quad (2)$$

где U – U-критерий Уилкоксона (Манна – Уитни);

R_1 – сумма рангов первой сравниваемой выборки;

n_1 – объем первой выборки.

$$U_2 = R_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}, \quad (3)$$

где U – U-критерий Уилкоксона (Манна – Уитни);

R_2 – сумма рангов второй сравниваемой выборки;

n_2 – объем второй выборки.

с) в качестве U-критерия используется меньшая величина U_{ϕ} , которая сравнивается с табличным значением для n_1, n_2 и принятого уровня значимости ($p = 0,05$). Если $U_{\phi} \leq U_{кр}$, нулевая гипотеза отвергается (различия достоверны).

– среднее арифметическое, стандартное отклонение, U-критерий Уилкоксона (Ман-

на – Уитни), мода рассчитывались в программе Excel с помощью пакета «Анализ данных». Визуализация данных проводилась в программе R [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Данные, полученные в результате эксперимента по тестированию осадка сточных вод Люберецких очистных сооружений на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum*), по длине корня представлены в табл. 1.

В среднем в опытных чашках с водными вытяжками осадка сточных вод по сравнению с контрольными (дистиллированная вода) отмечено достоверное (расчет U-критерия) уменьшение длины корней кресс-салата более чем на 80% во всех трех повторностях, что свидетельствует о высокой токсичности исследуемого осадка.

Та же закономерность отмечается и для длины проростка, а именно достоверное уменьшение показателя в опытных чашках в среднем на 40% (табл. 2).

Данная разница хорошо видна на диаграммах по длине корня (рис. 1).

Таблица 1

Длина корня кресс-салата для осадка сточных вод Люберецких очистных сооружений

Вариант	Длина корня, мм	Среднее арифм., мм	Мода, мм	Среднее арифм. моды, мм	Число проросших семян	Среднее
1.1 Контроль	52,30±19,91*	57,97	56,25	71,08	27	28,33
1.2 Контроль	58,93±21,83		72,00		29	
1.3 Контроль	62,69±30,11		85,00		29	
2.1 ОСВ	9,17±8,08	8,90	5,71	8,13	6	5,33
2.2 ОСВ	8,67±6,51		6,67		3	
2.3 ОСВ	8,86±3,89		12,00		7	

Примечание: * – среднее арифметическое ± стандартное отклонение.

Таблица 2

Длина проростка кресс-салата для осадка сточных вод Люберецких очистных сооружений

Вариант	Длина проростка	Среднее арифм., мм	Мода, мм	Среднее арифм. моды, мм	Число проросших семян	Среднее
1.1 Контроль	16,15±3,82*	16,33	17,69	17,86	27	28,33
1.2 Контроль	16,72±4,23		18,04		29	
1.3 Контроль	16,11±4,47		17,86		29	
2.1 ОСВ	9,17±4,75	9,52	7,50	9,10	6	5,33
2.2 ОСВ	10,67±4,93		11,67		3	
2.3 ОСВ	8,71±3,09		8,13		7	

Примечание: * – среднее арифметическое ± стандартное отклонение.

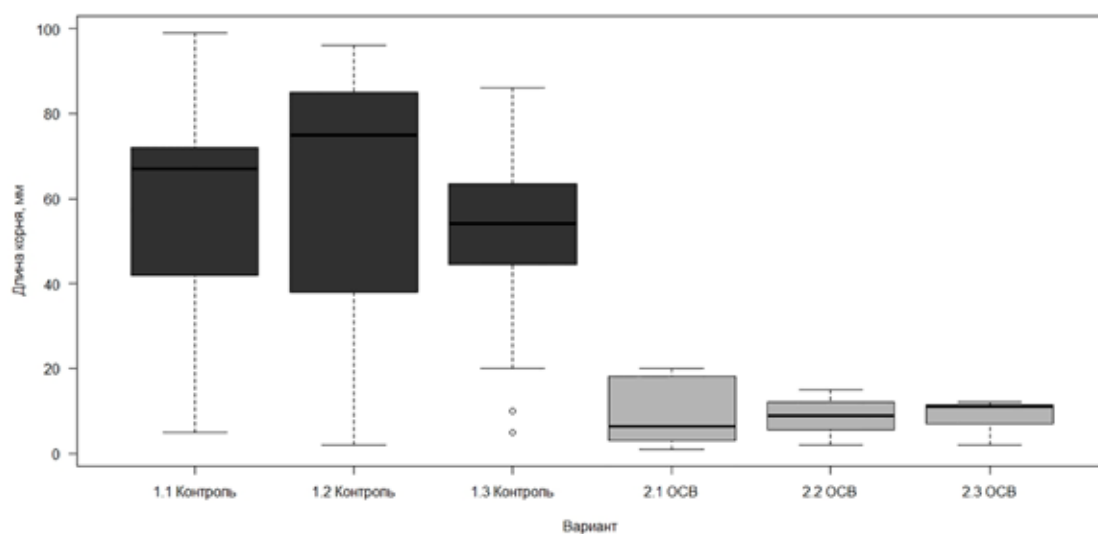


Рис. 1. Длина корня на водной вытяжке ОСВ Люберецких очистных сооружений

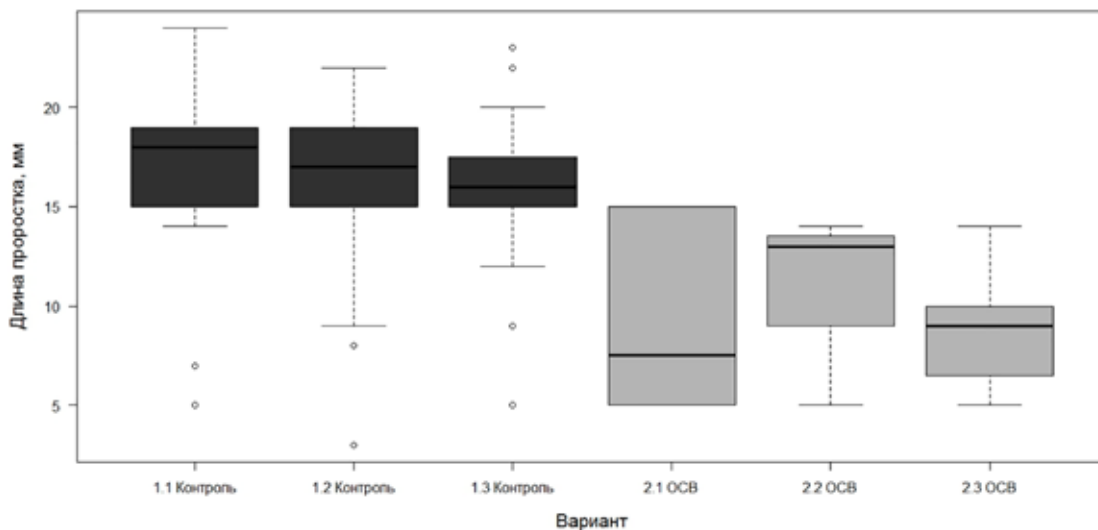


Рис. 2. Длина проростка на водной вытяжке ОСВ Люберецких очистных сооружений

Достоверное уменьшение показателя по длине побегов также наглядно видно на рис. 2.

Всхожесть семян в опытной группе по сравнению с контрольной уменьшилась более чем на 80% и составила в среднем всего 17% (5 проросших семян из 30), что, согласно выбранной методике, сигнализирует о высокой (недопустимой) фитотоксичности водной вытяжки осадка сточных вод.

Результаты биотестирования на осадках сточных вод малого населенного пункта совершенно другие. Длина корня кресс-салата в варианте с выдержанным осадком досто-

верно уменьшается по сравнению с контролем (табл. 3).

Водная вытяжка свежего осадка не влияет на длину корня, нет достоверного отличия, что видно на рис. 3.

В то же время получено достоверное увеличение длины проростков, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния на рост побегов водной вытяжки осадка сточных вод малого населенного пункта (табл. 4).

Это хорошо видно на диаграмме (рис. 4).

Практически во всех повторностях вариантов водных вытяжек ОСВ малого населенного пункта и контроля отмечена стопроцентная всхожесть семян.

Таблица 3

Длина корня кресс-салата для осадка сточных вод Ступино

Вариант	Длина корня, мм	Среднее арифм., мм	Мода, мм	Число проросших семян	Среднее
1.1 Контроль	69,80±24,85*	73,93±21,65	67,50	30	29,67
1.2 Контроль	70,83±19,68		78,00	29	
1.3 Контроль	81,07±18,74		67,14	30	
2.1 ОСВ св.	52,76±18,59	54,85±17,43	36,00	29	29,67
2.2 ОСВ св.	56,63±14,29		57,27	30	
2.3 ОСВ св.	55,10±19,39		64,44	30	
3.1 ОСВ выд.	31,00±11,28	29,40±13,08	27,69	29	29,67
3.2 ОСВ выд.	26,97±15,21		27,50	30	
3.3 ОСВ выд.	30,30±12,47		26,43	30	

Примечание: «ОСВ св.» – свежий осадок, «ОСВ выд.» – выдержанный осадок, * – среднее арифметическое ± стандартное отклонение.

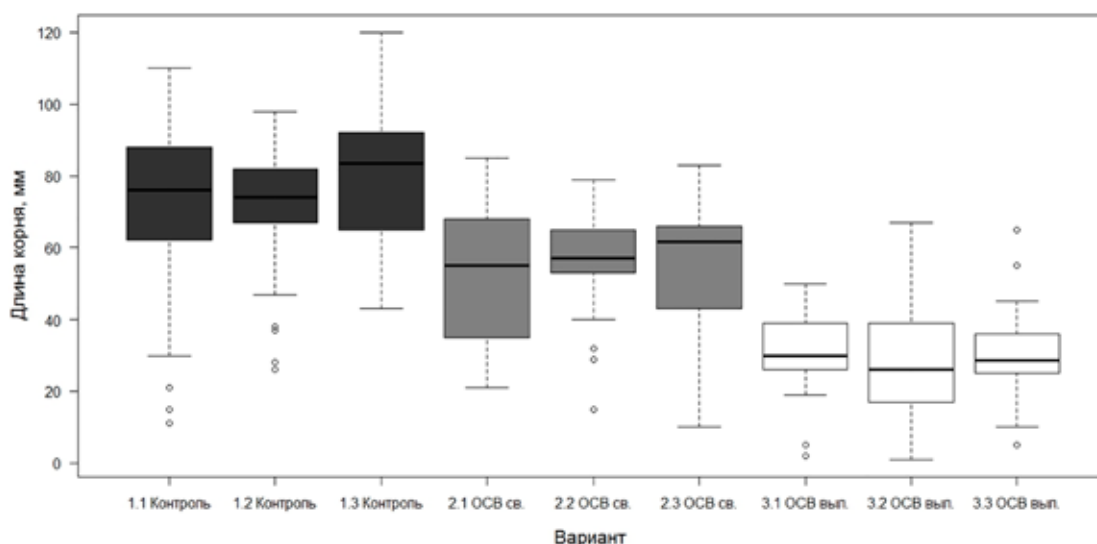


Рис. 3. Длина корня на водной вытяжке ОСВ Ступино

Таблица 4

Длина проростка кресс-салата для осадка сточных вод Ступино

Вариант	Длина корня, мм	Среднее арифм., мм	Мода, мм	Число проросших семян	Среднее
1.1 Контроль	22,47±5,27	23,60±4,14	24,50	30	29,67
1.2 Контроль	23,76±3,47		25,42	29	
1.3 Контроль	24,57±3,21		24,33	30	
2.1 ОСВ св.	32,14±5,79	31,13±5,22	35,77	29	29,67
2.2 ОСВ св.	29,70±4,95		31,92	30	
2.3 ОСВ св.	31,60±4,75		33,85	30	
3.1 ОСВ выд.	32,48±7,93	30,81±7,36	37,00	29	29,67
3.2 ОСВ выд.	28,87±6,46		28,44	30	
3.3 ОСВ выд.	31,13±7,42		33,93	30	

Примечание: «ОСВ св.» – свежий осадок, «ОСВ выд.» – выдержанный осадок, * – среднее арифметическое ± стандартное отклонение.

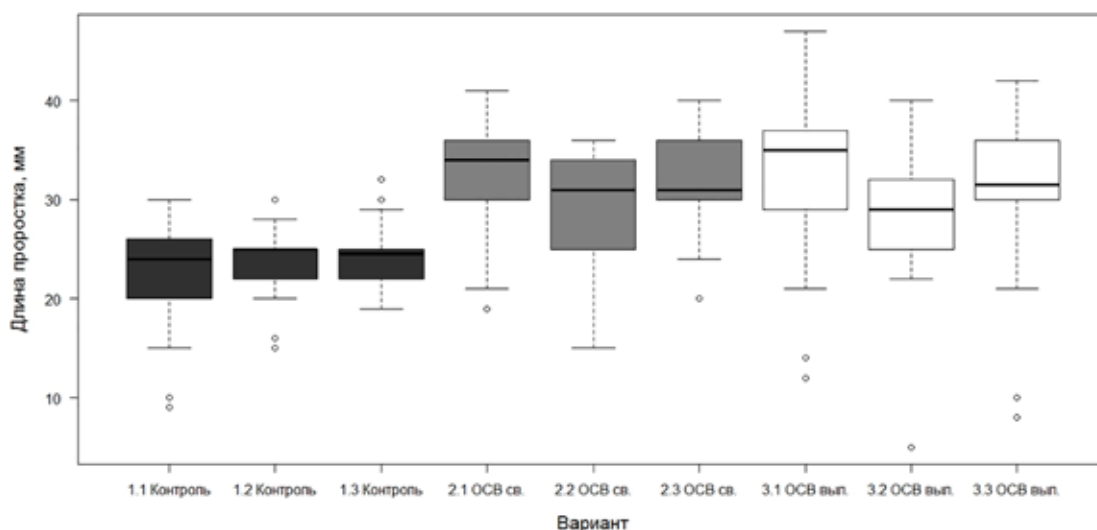


Рис. 4. Длина проростка на водной вытяжке ОСВ Ступино

Выводы

1. Осадки сточных вод крупного города оказали токсичное действие на семена и проростки растения кресс-салата, а значит, попадание их в окружающую среду в исходном состоянии является опасным, требуются мероприятия по их переработке.

2. ОСВ малого населенного пункта не только не ухудшают рост и развитие растений на ранней стадии онтогенеза, но, наоборот, обеспечивают всеми необходимыми веществами и стимулируют их рост и развитие.

3. По имеющимся данным можно предположить, что выдержанные осадки лучше свежих, так как чем больше доступных питательных веществ в окружающей среде, тем менее необходим длинный корень. Другими словами, растение может себе позволить не тратить энергию на увеличение длины корня для питания, что наблюдается в случае с выдержанными осадками.

4. Несмотря на отсутствие информации о химическом составе осадков, биотестирование быстро обнаруживает их токсичность для растений, в частности кресс-салата, что

является безусловным плюсом при ограниченности исследователя во времени, ресурсах, а также является важным при принятии решения о дальнейшем использовании или утилизации.

Список литературы

1. Беляева С.Д., Короткова Е.В., Петров М.И. Регулирование обращения с осадками сточных вод // Экология производства. 2016. № 3. С. 80–86.
2. Насыров И.А., Маврин Г.В., Шайхиев И.Г. Проблемы утилизации иловых осадков очистных сооружений // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 19. С. 257–259.
3. Кубрина Л.В., Супиниченко Е.А. Использование кресс-салата как тест-объекта для оценки загрязнения снежного покрова // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 1. С. 11–15.
4. Москалев А.А., Новаковский А.Б. Статистические методы в экологии с использованием R, Statistica, Excel и SPSS: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 022000.62 «Экология и природопользование» / Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Сыктывкарский государственный университет», ФГБУН «Институт биологии Коми НЦ Уро РАН». Сыктывкар: Издательство СыктГУ, 2014. 197 с.
5. Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. М.: ДМК Пресс, 2015. 496 с.

УДК 631.471
DOI 10.17513/use.38108

ЛИПИДЫ МЕРЗЛОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

Чимитдоржиева Э.О., Цыбенков Ю.Б.

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ,
e-mail: erzhenach@mail.ru*

Цель работы заключалась в изучении характеристик липидов мерзлотных квазиглеевых черноземов юга Витимского плоскогорья с помощью элементного анализа и метода ^{13}C -ЯМР (Turbic Chernozems Molliglossic). ^{13}C -ЯМР-структура была определена с использованием метода ядерного магнитного резонанса на ЯМР-спектрометре Bruker AV-600 (резонансные частоты 600,18 МГц – ^1H и 150,93 МГц – ^{13}C), оснащенный датчиком с катушкой для подачи Z-градиентных импульсов. Анализатор CHNS/O Series II от компании Perkin Elmer использовался для определения элементного состава препаратов липидов. Также были получены ЯМР ^{13}C -спектры препаратов липидов черноземов квазиглеевых. Был проведен исследовательский анализ спектров, в котором были определены сигналы различных групп соединений, таких как этокси-группы, фенольные производные и алкеновые фрагменты. Также были указаны диапазоны химических сдвигов, которые характерны для определенных типов ядер углерода. Было выполнено сравнение содержания различных структурных элементов в пробах. Была обнаружена связь между составом липидов и уровнем влажности в черноземах квазиглеевых. Вероятно, увеличение влажности приведет к увеличению содержания непредельных компонентов. Были обнаружены некоторые изменения в элементном составе липидной фракции органического вещества почвы на глубине 0-20 см. Содержание атомов углерода и водорода немного уменьшилось, в то время как доля атомов азота и кислорода увеличилась. Исследование состава элементов и соотношения атомов вещества позволяет сделать вывод о доминировании алифатической составляющей в верхнем слое черноземов квазиглеевых.

Ключевые слова: липидная фракция органического вещества, ^{13}C -ЯМР-спектроскопия, элементный состав, углерод, чернозем квазиглеевый, юг Витимского плоскогорья

Работа выполнена по теме Госзадания № 121030100228-4 «Эволюционно-генетические, биогеохимические и продукционные функции почв Байкальского региона как компонента биосферы, оценка их ресурсного потенциала и разработка технологий рационального использования и охраны».

LIPIDS OF PERMAFROST CHERNOZEMS

Chimitdorzhieva E.O., Tsybenov Yu.B.

Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: erzhenach@mail.ru

The purpose of the work was to study the characteristics of lipids in frozen quasi-gley chernozems in the south of the Vitim Plateau using elemental analysis and the ^{13}C -NMR method (Turbic Chernozems Molliglossic). The ^{13}C -NMR structure was determined using the nuclear magnetic resonance method on a Bruker AV-600 NMR spectrometer (resonance frequencies 600.18 MHz – ^1H and 150.93 MHz – ^{13}C), equipped with a sensor with a coil for delivering Z-gradient pulses. A CHNS/O Series II analyzer from Perkin Elmer was used to determine the elemental composition of lipid preparations. ^{13}C NMR spectra of lipid preparations from quasi-gley chernozems were also obtained. An exploratory analysis of the spectra was carried out, in which the signals of various groups of compounds, such as ethoxy groups, phenolic derivatives and alkene fragments, were determined. The ranges of chemical shifts that are characteristic of certain types of carbon nuclei were also indicated. A comparison was made of the content of various structural elements in the samples. A relationship was discovered between the composition of lipids and the level of moisture in quasi-gley chernozems. It is likely that an increase in humidity will lead to an increase in the content of unsaturated components. Some changes were detected in the elemental composition of the lipid fraction of soil organic matter at a depth of 0-20 cm. The content of carbon and hydrogen atoms decreased slightly, while the proportion of nitrogen and oxygen atoms increased. The study of the composition of elements and the ratio of atoms of the substance allows us to conclude that the aliphatic component dominates in the upper layer of quasi-gley chernozems.

Keywords: lipid fraction of organic matter, ^{13}C NMR spectroscopy, elemental composition, carbon, quasi-gley chernozem, south of the Vitim Plateau

The work was carried out on the topic of State Assignment No. 121030100228-4 “Evolutionary-genetic, biogeochemical and production functions of soils in the Baikal region as a component of the biosphere, assessment of their resource potential and development of technologies for rational use and protection”.

Почвенные липиды представляют собой сложную смесь соединений, растворяющихся в органических растворителях или их смесях. В состав этой фракции входят свободные жирные кислоты, полярные или неполярные липиды, стероиды, воски и смолы. Термин

«липиды» в почвоведении пришел из области биохимии, где они относятся к сложным соединениям эфиров жирных кислот и спиртов (включая их производные).

Уровень содержания липидов в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв за-

висит от степени гумификации и количества гуминовых кислот. Почвенные липиды играют важную роль в формировании структуры органического вещества почвы. Количество липидов в почвах с высокой степенью гумификации незначительно и составляет в среднем 3%. Тем не менее даже в небольших количествах липиды выполняют важные функции в почвах, включая влияние на способность почвенных частиц абсорбировать вещества, скорость разложения органического материала и энергетические процессы, структуру и функционирование микробного комплекса [1].

Ранее было отмечено, что растения влияют на содержание и играют важную роль в поставке липидов в почву [1; 2]. Следовательно, количество и характеристики растительных остатков имеют основное значение для содержания липидов в почве. Компоненты липидов в почве могут быть изменены различными факторами, такими как тип растительности, содержание углерода органического и влаги в почве, условия использования земель [3; 4].

В верхних горизонтах почв содержание липидов на 2–3 порядка меньше содержания органического вещества. Липиды в почвах обычно распределены таким образом, что их концентрация резко уменьшается по мере проникновения вниз, практически достигая нулевых значений в почвообразующих породах. Самые плодородные почвы обычно бедны липидами. Присутствие липидов может даже быть связано с содержанием гумуса, а также аэрацией почвы. Стабильность содержания липидов в почвах связана с их устойчивостью и имеет важное значение для определения процессов формирования почвы.

Различные исследования показывают, что содержание липидов может иметь влияние на распределение углерода между компонентами микробиоты почвы. Состав липидов также определяет характеристики энергетических потоков между разными уровнями трофической цепи в экосистеме [5; 6]. В качестве примера можно привести научное исследование, где сравнивалось содержание липидов и углерода в почвах лесных насаждений разного возраста с помощью специальных методов анализа. Было обнаружено, что присутствие липидов непосредственно связано с содержанием углерода в почве. Существует очень высокая корреляция между данными по содержанию липидов и общим содержанием органического вещества, а также содержа-

нием растворенного органического вещества, с коэффициентом корреляции Пирсона, превышающим 0,998. Было обнаружено наибольшее количество липидов в почвах, где прошло более двух столетий с начала роста деревьев. В почвенных образцах, взятых с обрабатываемых полей, которые граничат с лесными полосами различного возраста, содержание липидов и углерода было одинаково и значительно ниже, чем в почве лесополос [7].

Изучение липидной фракции органического вещества в мерзлотных почвах Забайкалья, которое ранее не проводилось, является актуальной задачей.

Цель исследования заключается в анализе структуры и состава липидной фракции органического вещества в черноземах квазиглеевых юга Витимского плоскогорья в Западном Забайкалье с использованием элементного анализа и метода ^{13}C -ЯМР.

Материалы и методы исследования

Для данного исследования были выбраны черноземы квазиглеевые, расположенные в Еравнинской котловине юга Витимского плоскогорья в Западном Забайкалье.

В Еравнинской котловине встречается чернозем квазиглеевый, который можно назвать полугидроморфным аналогом черноземов, развивающимся в автоморфных условиях. Характеристики почв свидетельствуют о высоком плодородии, высоком содержании карбонатов и наличии признаков оглеения в нижних горизонтах и материнской породе. Гидроморфизм данных почв связан с близким расположением мерзлоты.

Характеристика температурного режима исследуемых почв указывает на их принадлежность к мерзлотному типу. Вследствие этого уровень теплообеспеченности данных почв является недостаточным, особенно весной и ранней осенью. Мерзлота создает специфичный водный режим, когда доступ влаги грунтовых вод ограничен и количество осадков полностью определяет уровень влагоснабжения. У мерзлотных черноземов в начале лета, особенно в период засушливых лет, наблюдается недостаток влаги в верхних слоях почвы. Однако этот недостаток существенно снижается благодаря освобождению влаги при оттаивании. Тип водного режима этих почв относится к типу, который характеризуется как периодически промывной.

Криогенные процессы изменяют состояние почвы и приводят к формированию

уникальных характеристик в ее структуре, свойствах и функционировании. Среди негативных последствий мерзлоты для почвы можно отметить потерю гумуса в корнеобитаемом слое растений из-за различных мерзлотных процессов и явлений. На биопродуктивность почв оказывает влияние многолетняя мерзлота, действующая как холодный экран.

Физико-химические параметры исследуемых почв нами опубликованы ранее [8; 9].

Была использована стандартная техника экстрагирования в аппарате Сокслета с помощью 200 мл азеотропной смеси спирта с бензолом в соотношении 1:2 по объему для извлечения липидов из почвы [10]. Навеска почвы составляла 20 г и помещалась в патрон из фильтровальной бумаги. Использование специальной смеси может ускорить процесс извлечения липидов из почвы и сократить расход растворителя. Экстрагирование проводится в течение 24 часов. В среднем окрашивание свежих порций растворителя обычно заканчивается в течение 12 часов. Однако из-за того, что не все компоненты липидов окрашены, время экстракции увеличивается до 24 часов для всех типов почв. Это дает возможность получить сопоставимые результаты, не учитывая наличие окрашенных компонентов в составе липидов. Затем основная часть растворителя удаляется с помощью роторного испарителя, а препарат высушивается до воздушно-сухого состояния.

Исследование структурных компонентов препаратов липидов (спектры ^{13}C -ЯМР) определено методами ядерного магнитного резонанса на ЯМР-спектрометре Bruker AV-600 (резонансные частоты 600,18 МГц – ^1H и 150,93 МГц – ^{13}C), снабженном датчиком с катушкой для подачи Z-градиентных импульсов.

Для исследования всё количество предоставленной пробы растворяли в 520 мкл дейтерированного хлороформа (CDCl_3) и помещали в 5-мм ЯМР-ампулу. После исследования раствор помещался в исходный эппендорф, растворитель испарялся на воздухе.

Записывали спектры магнитного резонанса на протонах (ЯМР ^1H) и на ядрах углерода-13 с подавлением спин-спинового взаимодействия с протонами (ЯМР ^{13}C). Использовали импульсные программы фирмы Bruker – zg30 и zgpg.

Элементный состав липидов в препаратах определен с помощью прибора CHNS/O Series 2 компании Perkin Elmer.

Результаты исследования и их обсуждение

Большинство методов определения химической природы природного органического вещества в почве, отложениях и воде требует предварительных этапов экстракции или концентрирования, которые не являются количественными и создают артефакты. Анализ ядерного магнитного резонанса (ЯМР) с ^{13}C позволяет избежать этих проблем. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в настоящее время является стандартным аналитическим методом, который применяется различными способами для изучения липидов. ЯМР позволяет исследовать молекулярные структуры, которые могут принимать липиды, их молекулярный порядок и динамику. Информацию можно получить с минимальным химическим возмущением, хотя присущая ЯМР низкая чувствительность может иметь практические ограничения [11]. ЯМР используют в качестве инструмента для выявления молекулярных подробностей о липидах во многих различных полиморфных формах и формах образцов, а также чтобы понять термодинамическое поведение, молекулярные взаимодействия с другими компонентами мембраны, ионами и влияние pH на свойства липидов. Присущая этому методу нечувствительность, по сравнению с некоторыми другими биофизическими методами, частично перевешивается отсутствием химических возмущений при наблюдении либо естественно видимых изотопов ЯМР, либо посредством не возмущающего меченя [11]. Молекулярная характеристика почвенных липидов дает ценную биогеохимическую информацию о влиянии растительности, микроорганизмов и абиотических факторов на процесс депонирования почвенного углерода. Липиды почвы ведут себя как биомаркерные фракции почвы при анализе с помощью ^{13}C -ЯМР в целом [12].

Полученные ^{13}C -ЯМР-спектры для чернозема квазиглеевого приведены на рисунке 1. Спектры ЯМР ^{13}C регистрировались в диапазоне от -10 до 240 м.д. относительно тетраметилсилана. Намагниченность ядер углерода индуцировали 90° импульсом, время, которое занял спад свободной индукции, 0.87 секунды, время задержки для релаксации 5 с. Длительность одного эксперимента ЯМР составляла от 7.2 до 6.5 часов. Для калибровки спектров использовался сигнал дейтерированного растворителя (CDCl_3 , 77.0 м.д.).

Для улучшения соотношения «сигнал – шум» было использовано два варианта обработки зарегистрированных сигналов спада свободной индукции. В первом варианте сигналы были умножены на спадающую экспоненту с параметром уширения спектральной линии (lb) 10 Гц, чтобы уменьшить перекрытие сигналов. Во втором варианте параметр уширения спектральной линии (lb) был установлен на 100 Гц, чтобы лучше наблюдать широкие группы сигналов. С помощью дальнейшего использования преобразования Фурье был осуществлен переход от временной развертки сигнала к частотной развертке, измеряемой в миллионных долях от частоты спектрометра.

Выравнивание базовой линии проводили с использованием линейной функции. Выполняли интегрирование интенсивности групп сигналов, расположенных в отдельных областях спектра, деление на которые проводили в соответствии с литературными аналогиями характерных спектральных областей различных структурных фрагментов [13; 14]. Сигнал растворителя (75-79 м.д. для $\text{lb}=10$ Гц) исключали из интегрируемой области.

Необходимо отметить, что условия регистрации не позволяют использовать интегральные интенсивности в спектрах ЯМР ^{13}C для количественного измерения состава проб, поскольку не проводились исследования влияния различий в скорости T_1 релаксации, а также для усиления сигналов углерода использовался эффект Оверхаузера. Однако интегральные интенсивности возможно использовать для сравнения спектров двух проб, полученных в тех же условиях регистрации.

Отнесения сигналов в спектрах ^{13}C органического вещества почв рассматривается в обзоре [14]. Для исследуемых проб в спектрах приняты следующие отнесения согласно [13].

На рисунках 1 и 2 спектры всех исследуемых проб приведены в одной шкале химических сдвигов. Как можно видеть, спектры всех проб схожи между собой: наблюдаемые сигналы расположены в широкой спектральной области (от ~ 10 до ~ 180 м.д.), в области углеродов алифатических фрагментов рисунок максимумов сигналов совпадает.

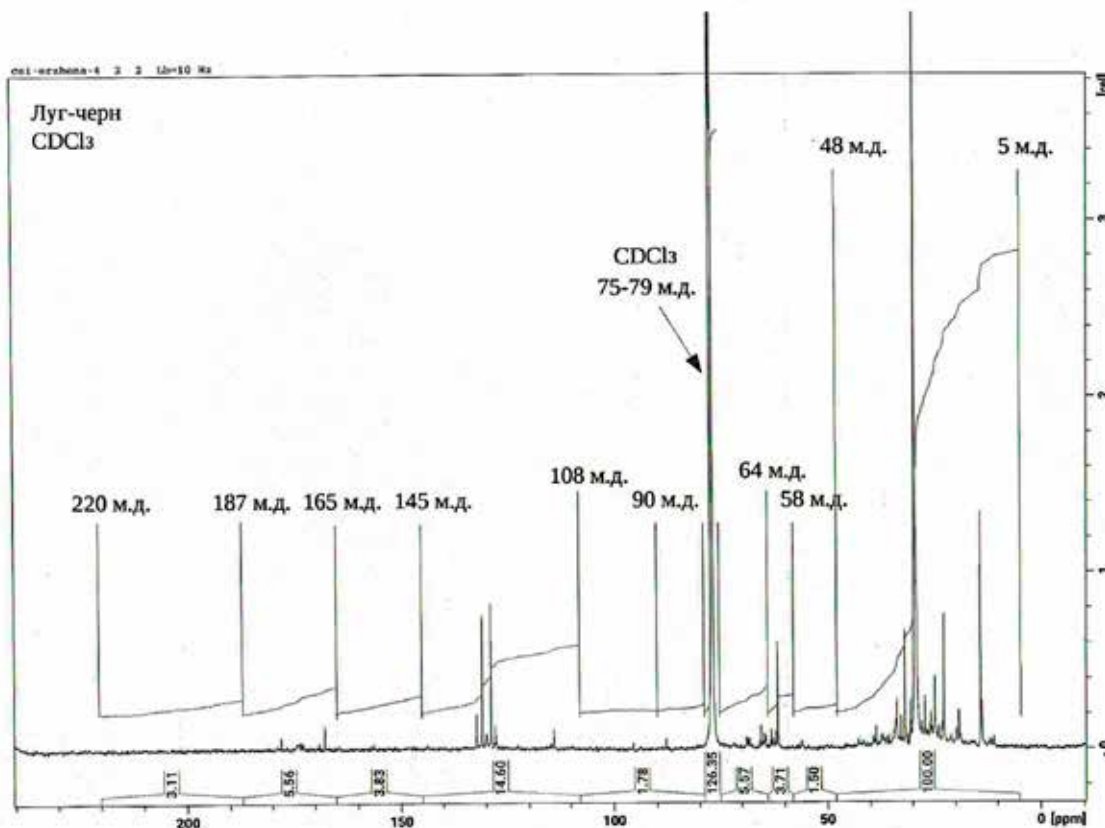


Рис. 1. Спектр ЯМР ^{13}C препаратов липидов черноземов квазиглеевых
 Взвешивающая функция для сигнала ССИ – экспонента, $\text{LB}=10$ Гц

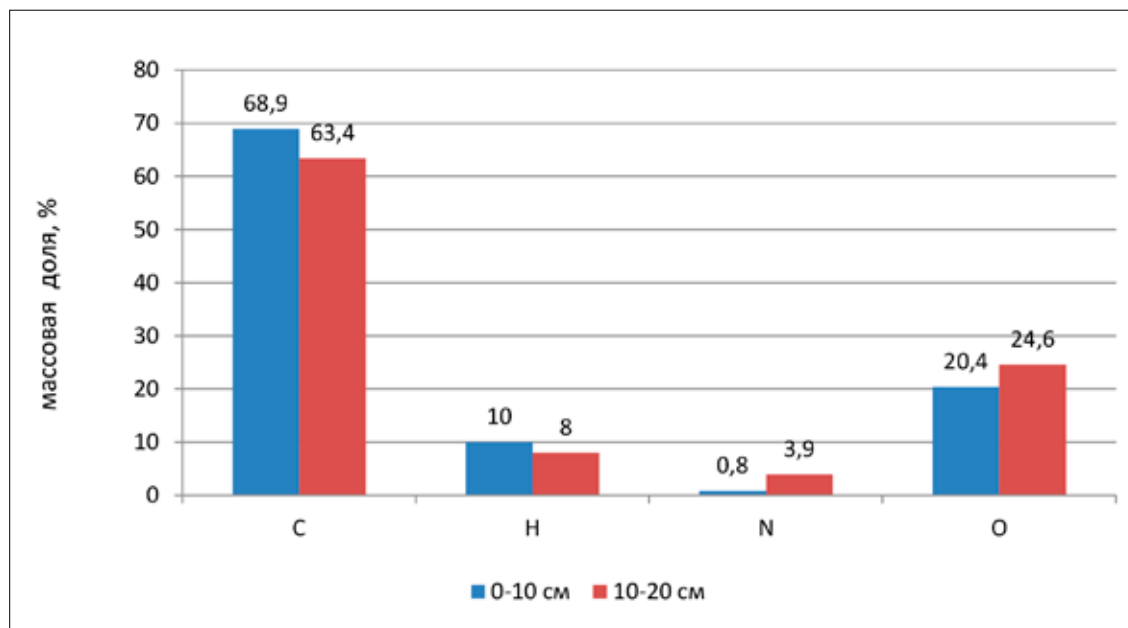


Рис. 2. Элементный состав препаратов липидов черноземов квазиглеевых ($n=3$)

В спектре ЯМР ^{13}C препарата липида чернозема квазиглевого наблюдаются выделяющиеся на фоне других сигналов два относительно интенсивных узких сигнала 14.1 и 61.6 м.д., а в спектре ЯМР ^1H имеются относительно интенсивный триплет 1.35 м.д. и квартет 4.35 м.д. Это указывает на наличие этокси-группы, входящей в состав сложных эфиров.

Совместный анализ спектров ЯМР ^1H и ЯМР ^{13}C , а также рассмотрение ближних корреляций (HSQC) позволяет определить ещё несколько характерных сигналов.

В спектрах ЯМР ^1H препаратов липидов чернозема квазиглевого имеется пара самых слабополюсных мультиплетов примерно равной интенсивности ~ 7.5 и ~ 7.7 м.д. Данные сигналы дают корреляционные кросс-пики с сигналами углерода 128.9 и 130.9 м.д., для которых наблюдается ещё один характерный сигнал данной группы – 156.2 м.д. (=C-OR). Этот набор сигналов возможно отнести к производным фенолов, содержащих заместитель в пара-положении.

В спектрах ЯМР ^1H всех исследованных проб имеется группа сигналов ~ 5.3 м.д., коррелирующих с углеродами ~ 129.7 м.д. Химические сдвиги данных сигналов позволяют предположить их отнесение к алкеновым частям алифатических фрагментов молекул.

В препарате липида чернозема квазиглевого содержание алифатических фрагментов относительно суммарного содержа-

ния ароматических фрагментов достаточно высокое.

Ранее проведенные исследования указывают на связь между липидными компонентами и гидроморфизмом почвы [15]. Предположительно, если усилить степень гидроморфизма, то доля непредельных компонентов увеличится. Это согласуется с результатами исследований Е.Д. Лодыгина и В.А. Безносикова [15]. Причина такого явления – слабый процесс разложения растительных остатков с ароматическими структурами лигнина в полугидроморфных почвах.

Содержание углерода и водорода в липидной фракции почвенного органического вещества в слое 10–20 см уменьшилось (рис. 2), в то время как доля азота и кислорода увеличилась. Отношение Н/С, которое указывает на ароматичность препаратов, увеличилось с 0,8 в слое 0–10 см до 1,5 в слое 10-20 см. Эти результаты свидетельствуют о том, что липидная фракция в гумусово-аккумулятивном горизонте черноземов квазиглеевых имеет алифатическую природу.

Заключение

Анализ ^{13}C -ЯМР-спектров липидов и их сравнение с теоретическими ^{13}C -ЯМР-спектрами жирных кислот и их эфиров позволяют предположить, что большая часть липидов, обнаруженных в почве, состоит из жирных кислот и их эфиров. Это факт объясняет, почему основная часть атомов

углерода (более 90%) в молекулярной структуре липидов представлена алифатическими цепочками.

В черноземах квазиглеевых обнаружена зависимость между липидными компонентами и гидроморфизмом почвы. Возможно, увеличение гидроморфизма будет сопровождаться увеличением количества компонентов, которые не являются предельными. Элементный состав препаратов липидов черноземов квазиглеевых показал преобладание алифатической структуры.

Список литературы

1. Jansen B., Wiesenberg G.L.B. Opportunities and limitations related to the application of plant-derived lipid molecular proxies in soil science // *Soil*. 2017. № 3. P. 211–234. DOI: 10.5194/soil-3-211-2017.
2. Simpson M.J., Simpson A.J. The chemical ecology of soil organic matter molecular constituents // *J. Chem. Ecol.* 2012. № 38. P. 768–784. DOI: 10.1007/s10886-012-0122-x.
3. Mueller K.E., Polissar P.J., Oleksyn J., Freeman K.H. Differentiating temperate tree species and their organs using lipid bio-markers in leaves, roots and soil // *Org. Geochem.* 2012. № 52. P. 130–141. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2012.08.014.
4. Верховцева Н.В., Терехова В.А., Пукальчик М.А., Водолазов И.Р., Шитиков В.К. Структура сообществ микроорганизмов в урбаноземах, реконструированная по липидным маркерам // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2015. № 3. С. 45–53.
5. Dippold M., Kuzyakov Ya.A. Direct incorporation of fatty acids into microbial phospholipids in soils: Position-specific labeling tells the story // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2016. № 174. P. 211–221. DOI: 10.1016/j.gca.2015.10.032.
6. Reiffarth D.G., Petticrew E.L., Owens P.N., Lobb D.A. Sources of variability in fatty acid (FA) biomarkers in the application of compound-specific stable isotopes (CSSIs) to soil and sediment fingerprinting and tracing: a review // *Sci. Total Environ.* 2016. № 565. P. 8–27. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.137.
7. Szajdak W., Maryganova V., Skakovskii E., Tychinskaya L. ¹H and ¹³C NMR spectroscopic studies of hexane-extractable lipids from soils under shelterbelts of different age and composition of plants // *Chemosphere*. 2015. V. 119. P. 1422–1427.
8. Чимитдоржиева Г.Д., Чимитдоржиева Э.О., Мильхеев Е.Ю., Цыбенков Ю.Б., Дмитриев А.В., Чимитдоржиев Т.Н., Егорова Р.А., Солдатова З.А., Андреева Д.Б., Корсунова Ц.Д.Ц., Давыдова Т.В. Почвы криогенных форм рельефа на юге Витимского плоскогорья: распространение и роль в распределении пулов почвенного углерода // *Почвоведение*. 2019. № 9. С. 1029–1038.
9. Чимитдоржиева Г.Д., Цыбенков Ю.Б., Чимитдоржиева Э.О., Мильхеев Е.Ю., Чимитдоржиев Т.Н. Влияние криогенеза на биоту почв (на примере юга Витимского плоскогорья) // *Сибирский экологический журнал*. 2020. Т. 27, № 1. С. 3–12.
10. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.
11. Watts A. NMR of Lipids // *Encyclopedia of Biophysics*. 2013. P. 1727–1738. DOI: 10.1007/978-3-642-16712-6_556.
12. Almendros G., Tinoco P., González-V., Francisco J., Lüdemann H-D., Sanz J., Velasco F. ¹³C-NMR of forest soil lipids // *Soil Science*. 2001. V. 166(3). P. 186–196.
13. Холодов В.А., Константинов А.И., Кудрявцев А.В., Перминова И.В. Строение гуминовых кислот почв зонального ряда по данным спектроскопии ЯМР¹³ // *Почвоведение*. 2011. № 9. С. 1064–1073.
14. Чуков С.Н., Лодыгин Е.Д., Абакумов Е.В. Использование ¹³C ЯМР-спектроскопии в исследовании органического вещества почв (обзор) // *Почвоведение*. 2018. № 8. С. 952–964.
15. Lodygin E.D., Beznosikov V.A. The structure of the lipid fraction of humus isolated from podzolic and peaty-podzolic gleys // *Eur. Soil Sci.* 2003. V. 36. № 1. P. 46–50.

СТАТЬИ

УДК 91:528.88

DOI 10.17513/use.38109

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ПОКРОВА
ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПО ГЛОБАЛЬНЫМ
ДАНЫМ О ТИПАХ ЗЕМНОГО ПОКРОВА****Берденгалиева А.Н.***ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград,
e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru*

В работе исследуются возможности применения технологий дистанционного зондирования Земли для картографирования пойменных лесов в Волго-Ахтубинской пойме. Пойменные леса играют важную роль в поддержании экосистемного баланса и обеспечении жизненного пространства для многих растений и животных, включая редкие и уязвимые виды. Однако они подвержены угрозам, таким как гидрологические и климатические изменения, которые приводят к деградации и потере лесов. Проведен сравнительный анализ различных информационных продуктов, основанных на спутниковых данных высокого пространственного разрешения, таких как FROM-GLC10, ESRI Land Cover, ESA WorldCover и Global Forest Change. Основными типами земного покрова, выделенными по данным высокого пространственного разрешения, являются пашни, леса, травянистые экосистемы, кустарники, водоемы, искусственные поверхности, открытые почвы, вечные льды и снега. Некоторые информационные продукты также выделяют водно-болотные угодья, включая мангры. Глобальные данные о типах земного покрова обладают преимуществами, такими как общеземной охват, свободный доступ и высокое пространственное разрешение. Однако существуют недостатки, включающие ограниченное количество классов, ограниченность глубины архива, нерегулярное обновление и различия в точности у разных источников данных. Для повышения точности исходных данных был составлен результирующий растр, объединяющий все указанные информационные продукты, что позволило выделить лесные пиксели, идентифицированные как минимум двумя источниками. Полученная площадь лесов в 34,3 тыс. га достаточно точно согласуется с результатами экспертного дешифрирования по данным сверхвысокого пространственного разрешения. Наибольшей точностью характеризуются данные FROM-GLC10 ($R^2 = 0,82$, $RMSE = 3,94\%$). При регулярном обновлении исходных информационных продуктов типов земного покрова станет возможным постоянный мониторинг площади лесных насаждений, что даст возможность определить ключевые факторы динамики их состояния.

Ключевые слова: Волго-Ахтубинская пойма, Волгоградская область, лесные насаждения, геоинформационное картографирование, геоинформационные системы, дистанционное зондирование Земли

Работа выполнена по теме Государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100311-3.

**MAPPING OF FORESTS IN THE VOLGA-AKHTUBA
FLOODPLAIN USING GLOBAL LAND COVER DATA****Berdengalieva A.N.***Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru*

The paper discusses the application of remote sensing technologies for mapping riparian forests in the Volga-Ahtuba floodplain. Riparian forests play a crucial role in maintaining ecosystem balance and providing habitat for numerous plant and animal species, including rare and vulnerable ones. However, they are exposed to threats such as hydrological and climatic changes, leading to forest degradation and loss. A comparative analysis of different high-resolution satellite-based information products was conducted, including FROM-GLC10, ESRI Land Cover, ESA WorldCover, and Global Forest Change. The main land cover types identified based on high spatial resolution data include croplands, forests, grassland ecosystems, shrubs, water bodies, artificial surfaces, bare soil, permanent ice and snow. Some information products also delineate wetland areas, including mangroves. Global land cover data have advantages such as global coverage, open accessibility, and high spatial resolution. However, there are limitations, including a limited number of classes, limited depth of archive, irregular updating, and differences in accuracy among different data sources. To improve the accuracy of the input data, a resulting raster was created by combining all the mentioned information products, allowing for the identification of forest pixels confirmed by at least two sources. The resulting forest area of 34.3 thousand hectares is in good agreement with the results of expert interpretation using very high spatial resolution data. The FROM-GLC10 data demonstrate the highest accuracy ($R^2 = 0.82$, $RMSE = 3.94\%$). With regular updating of the input land cover information products, continuous monitoring of forested areas will become possible, enabling the identification of key factors influencing their dynamics. This will provide valuable insights into the state of riparian forests and aid in their management and conservation efforts.

Keywords: Volga-Akhtuba floodplain, Volgograd region, forest plantations, geoinformation mapping, geoinformation systems, remote sensing of the Earth

The work was carried out on the topic of the State assignment of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. 122020100311-3.

Волго-Ахтубинская пойма является значимым природным комплексом, в котором леса играют важную роль [1]. Пойменные леса являются жизненным пространством для множества растений и животных. Они предоставляют укрытие, пищу и места гнездования для многих видов, включая редкие и уязвимые. Биологическое разнообразие пойменных лесов способствует поддержанию экосистемного баланса и предоставляет ценные экологические услуги [2]. Однако пойменные леса также подвержены угрозам, особенно в контексте гидрологических и климатических изменений. Снижение частоты и уровней половодья приводит к стабилизации грунтовых вод, накоплению солей в зоне аэрации, что приводит к деградации аборигенных растительных сообществ. Особенно губительны эти изменения для дубрав и ивняков, которые замещаются инвазивными видами [3]. Изменения климата, такие как повышение температуры и засухи, могут снизить устойчивость лесов и способствовать распространению пожаров и вредителей. Это может привести к деградации и потере пойменных лесов, что имеет негативные последствия для биоразнообразия.

Для сохранения и защиты пойменных лесов в Волго-Ахтубинской пойме необходимо проводить научные исследования по оценке их актуального состояния, разрабатывать эффективные стратегии управления и принимать меры по адаптации к гидрологическим и климатическим изменениям. Важно осознавать ценность и уникальность пойменных лесов и принимать меры для их сохранения для экологической устойчивости региона. Технологии дистанционного зондирования Земли из космоса широко применяются для картографирования лесных насаждений [4, 5], тем не менее даже в пределах Волгоградской области методы спутникового мониторинга пойменных лесов недостаточно проработаны. Имеющиеся исследования чаще основаны на очень трудоемком экспертном дешифрировании данных сверхвысокого пространственного разрешения [6–8], которые обновляются достаточно редко в рамках общедоступных сервисов либо имеют высокую стоимость.

Наличие доступных электронных карт типов земного покрова, полученных по спутниковым данным высокого пространственного разрешения, открывает возможность картографирования различных категорий земель на региональном и муниципальном уровнях. Первым информаци-

онным продуктом типов земного покрова разрешения 10 м/пикс. стал FROM-GLC10, изначально основанный на спутниковых снимках Landsat разрешения 30 м/пикс. Появление миссии Sentinel-2 позволило получить данные пространственного разрешения 10 м/пикс., что сделало возможным улучшение пространственного разрешения данных FROM-GLC10 до 10 м/пикс. [9]. Данные ESRI Land Cover, основанные на спутниковых изображениях Sentinel-2, имеют временной охват 2017–2022 гг. [10], что открывает возможности для анализа изменений в землепользовании на этом отрезке времени. Данные ESA WorldCover доступны только на 2020 г., но основаны как на оптических спутниковых изображениях Sentinel-2, так и на радиолокационных данных Sentinel-1 [11], что повышает их точность при картографировании защитных лесных насаждений. Также существует еще один глобальный информационный продукт разрешения 30 м/пикс. – Global Land Cover 30 (GLC30), но он показал значительно меньшую точность при картографировании лесных насаждений, а леса на пойменных землях по этим данным относятся к водноболотным угодьям без выделения древостоев [12]. По этим причинам в данной работе GLC30 не рассматривается.

Основные типы земного покрова, которые выделяются по данным высокого пространственного разрешения: пашни, леса, травянистые экосистемы (grassland), кустарники, водоемы, искусственные поверхности (застройка), открытые почвы, вечные льды и снега. Также некоторые информационные продукты выделяют водно-болотные угодья, в том числе мангры. Достоинствами указанных глобальных данных о типах земного покрова являются их общеземной охват, свободный доступ, высокое пространственное разрешение. К недостаткам этих данных можно отнести относительно небольшое количество классов (8–10), ограниченность глубины архива (1–5 лет), нерегулярное обновление, существенные различия в точности у разных источников данных при картографировании разных типов земного покрова.

Кроме информационных продуктов типов земного покрова для картографирования лесов используются специализированные данные. Одним из наиболее распространенных источников является Global Forest Change (GFC) пространственного разрешения 30 м/пикс. [13]. Достоинством этого информационного продукта является

большая глубина архива: данные о лесопокрывной площади на 2000 г. с учетом ее изменений за 2001–2022 гг.

Цель данного исследования – провести сравнительный анализ результатов картографирования лесов в пойменных ландшафтах Нижней Волги в пределах Волгоградской области по данным глобальных информационных продуктов Global Forest Change, FROM-GLC10, ESRI, ESA. Для достижения цели решались следующие задачи: разработка карт лесов по данным разных информационных продуктов, создание результирующего растра по данным всех источников, сопоставление лесистости в разрезе муниципальных образований с определением точности на основе коэффициента детерминации, относительной и среднеквадратической ошибок.

Материалы и методы исследования

Исследование проводится в северной части Волго-Ахтубинской поймы в границах Волгоградской области (рис. 1). Площадь исследуемой территории составляет 185,23 тыс. га. В работе кроме данных о типах земного покрова ESA, ESRI, FROM-GLC10 были использованы данные Global

Forest Change – 2022. Продукт основан на автоматическом распознавании лесов по мультиспектральным снимкам Landsat в видимом и инфракрасном диапазоне спектра и имеет пространственное разрешение 30 м. GFC-2022 – это набор данных, который разделен на тайлы размером 10x10 градусов в географической проекции в трех растровых слоях: «treecover2000» – слой леса, «loss» – потеря и «gain» – прирост. Древесный покров на 2000 г. определялся как закрытие полога для всей растительности высотой более 5 м. В слое «treecover2000» от 1 до 100 указывается процент древесного покрова в пикселе. За покрытую лесом площадь принимались пиксели GFC с проективным покрытием 30 и более процентов, вычитались пиксели исчезнувшего в 2000–2022 гг. леса, добавлялись пиксели восстановившихся насаждений.

Все данные предоставляются в формате GeoTIFF и общеземной географической системе координат, только данные ESRI спроецированы в универсальную поперечную проекцию Меркатора (UTM). Это позволяет свободно использовать данные с использованием популярных геоинформационных программ, например QGIS.

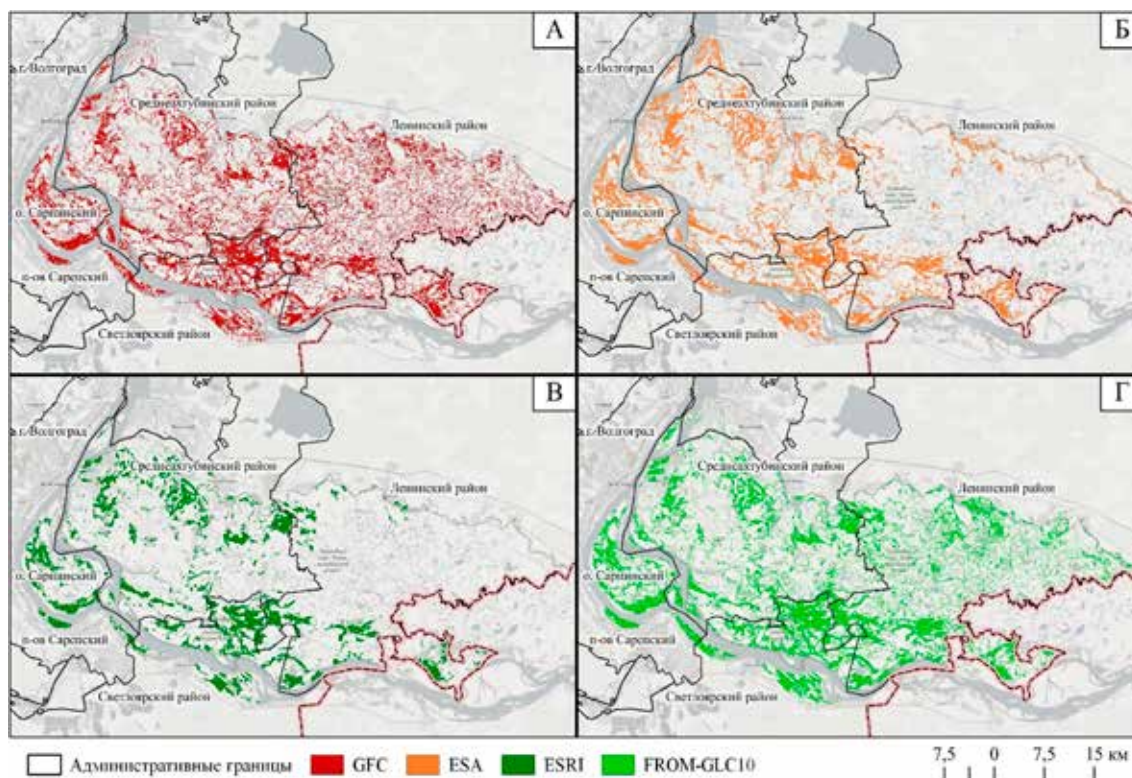


Рис. 1. Лесной покров по данным разных информационных продуктов (а – GFC, б – ESA, в – ESRI, г – FROM-GLC10)

Типы земного покрова по данным различных информационных продуктов в растровых файлах закодированы различными цифровыми значениями: у ESRI Land Cover пиксели леса имеют значение 2, у ESA World Cover лес обозначен значением 10, а FROM-GLC10 – 20. Поэтому были созданы бинарные маски лесного покрова согласно каждому источнику данных, где лесным пикселям присваивалось значение 1, а всем остальным – 0.

Поскольку каждый информационный продукт характеризуется различными ошибками, как пропусками, так и ложными определениями лесов [12], был разработан результирующий растровый слой, пиксели которого содержали количество информационных продуктов, относивших данный пиксель к лесопокрытой площади. За достоверные пиксели леса в этом случае принимались пиксели по данным двух и более информационных продуктов. После чего было проведено сравнение площадей леса по данным отдельных продуктов и результирующего растра в разрезе муниципальных образований, что позволило оценить точность картографирования леса на основе разных источников сведений о типах земного покрова. Для сравнительного анализа использовался показатель лесистости – отношение площади леса к общей площади территории, т.е. доля лесных насаждений в общей площади исследования. Статистическая обработка выполнена в Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате сравнения на территории Волго-Ахтубинской поймы общая площадь лесного покрова составляет от 19,9 тыс. га по данным ESRI до 41,1 тыс. га по данным GFC, что соответствует данным экспертного дешифрирования, согласно которым площадь леса в Волго-Ахтубинской пойме без волжских островов и правобережной прибрежной поймы составляет 34,4 тыс. га [7]. Согласно результирующему растру по данным всех информационных продуктов площадь лесов составила 34,1 тыс. га, что меньше оценки по экспертному дешифрированию, тем более учитывая площади островов.

Средняя лесистость полуострова Сарпинский по данным информационных продуктов типов земного покрова составила от 60 до 74%, что соответствует данным О.Ю. Кошелевой по результатам экспертного дешифрирования, согласно которым лесистость составляет 64,2% [8]. Лесистость

на территории острова Сарпинский по данным информационных продуктов составила от 22 до 33%, по данным В.Н. Бодровой на 2018 г. средняя лесистость острова составляла около 40–45% [6]. Такая разница, возможно, связана с недостаточной точностью информационных продуктов или вспышкой численности ясеневой узкотелой златки после 2018 г., из-за которой множество деревьев на острове погибло [14, 15].

Сравнительный анализ значений лесистости по данным различных информационных продуктов и составленного на их основе результирующего растра (рис. 2) показал, что наиболее тесную связь по величине коэффициента детерминации имеют данные ESRI ($R^2 = 0,87$), также у этих данных угловой коэффициент наиболее близок к единице. Тем не менее данные ESRI существенно занижают лесистость в сравнении с результирующим растром (относительная ошибка – -42%), а также имеют достаточно большую среднеквадратическую ошибку ($RMSE = 8,27\%$). Следующим информационным продуктом по величине коэффициента детерминации является FROM-GLC10 ($R^2 = 0,82$), в среднем по этим данным лесистость завышена на 6,3% при среднеквадратической ошибке $RMSE = 3,94\%$. Информационные продукты ESA и GFC имеют сопоставимые коэффициенты детерминации ($R^2 = 0,62$, $R^2 = 0,59$ соответственно) и среднеквадратическую ошибку ($RMSE = 6,48$ и $6,3\%$ соответственно) при сравнении с результирующими данными. Тем не менее относительная ошибка при картографировании по данным GFC составляет 19,6%, а по данным ESA – -13,4%.

Таким образом, данные FROM-GLC10 обладают наилучшей точностью среди исследованных продуктов. Данные ESRI хорошо коррелированы с результирующим растром, но существенно занижают площадь лесов, что может свидетельствовать о важности правильного определения лесных насаждений и минимального количества ложных определений. По данным GFC площади лесов существенно завышены, что может быть связано с большим количеством зарослей из тростника и других высокостебельных трав, которые зачастую ошибочно определяются как лес при использовании автоматизированных методов обработки данных дистанционного зондирования Земли [12]. Данные ESA также имеют недостаточно высокую точность, занижая площадь леса по сравнению с результирующим растром.

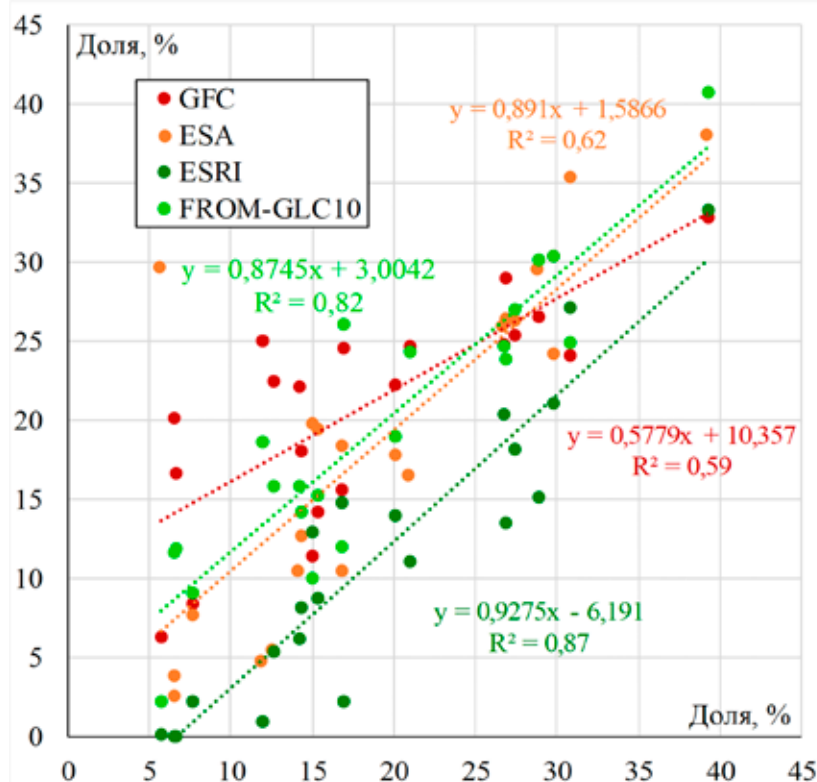


Рис. 2. Сравнение долей лесопокрываемой площади по данным информационных продуктов (вертикальная ось) с результирующей величиной по данным двух и более источников (горизонтальная ось)

Заключение

В результате исследований была определена лесистость пойменных ландшафтов Нижней Волги в пределах Волгоградской области, полученная величина площади лесов 34,3 тыс. га согласуется с результатами экспертного дешифрирования. Наибольшей точностью характеризуются данные FROM-GLC10 ($R^2 = 0,82$, $RMSE = 3,94\%$), в то время как остальные исследованные информационные продукты по отдельности не обеспечивают достаточную точность при картографировании пойменных лесов. Тем не менее построение результирующего раstra на основе всех источников данных позволило получить электронную карту лесов в пойменных ландшафтах необходимой точности.

Разработанные электронные карты лесных насаждений Волго-Ахтубинской поймы позволят провести мониторинг состояния древостоев как на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса, так и с помощью традиционных наземных методов лесной таксации. При регулярном обновлении исходных информационных продуктов типов земного покрова

станет возможным постоянный мониторинг площади лесных насаждений, что даст возможность определить ключевые факторы динамики их состояния.

Список литературы

1. Манаенков А.С., Пономарев А.С. Лесопригодность экотопов Волго-Ахтубинской поймы для культур сосны // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 4 (388). С. 127–145. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-127-145.
2. Belyaev A.I., Pugacheva A.M., Korneeva E.A. Assessment of Ecosystem Services of Wetlands of the Volga-Akhtuba Floodplain // Sustainability. 2022. Vol. 14, Is. 18. P. 11240. DOI: 10.3390/su141811240.
3. Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E., Shinkarenko S.S. Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8, Is. 4. P. 231–244. DOI: 10.1134/S2079096118040066.
4. Рулев А.С., Юферев В.Г., Кошелев А.В., Ткаченко Н.А. Дистанционный мониторинг агролесоландшафтов с применением ГИС-технологий // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. 2013. № 1 (5). С. 51–58.
5. Сучков Д.К. Геоинформационные технологии в лесном секторе // Успехи современного естествознания. 2023. № 1. С. 69–73. DOI: 10.17513/use.37987.
6. Бодрова В.Н. Картографирование лесистости острова Сарпинский Волгоградской области // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 3. С. 47–54.

7. Васильченко А.А., Грищок А.А. Оценка лесистости Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // Грани познания. 2020. № 2 (67). С. 9–12.
8. Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С., Солодовников Д.А., Омаров Р.С. Изучение и картографирование ландшафтов полуострова Сарептский на Нижней Волге // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15, № 3 (56). С. 86–96. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-86-96.
9. Chen B., Xu B., Zhu Z., Yuan C., Ping Suen H., Guo J., Xu N., Li W., Zhao Y., Yang J.J.S.B. Stable classification with limited sample: Transferring a 30-m resolution sample set collected in 2015 to mapping 10-m resolution global land cover in 2017 // Sci. Bull. 2019. № 64. P. 370–373.
10. Karra K., Kontgis C., Statman-Weil Z., Mazzariello J.C., Mathis M., Brumby S.P. Global land use/land cover with Sentinel-2 and deep learning // 2021 IEEE Intern. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS). 2021. P. 4704–4707. DOI: 10.1109/IGARSS47720.2021.9553499.
11. Zanaga D., Van De Kerchove R., De Keersmaecker W., Souverijns N., Brockmann C., Quast R., Wevers J., Grosu A., Paccini A., Vergnaud S., Cartus O., Santoro M., Fritz S., Georgieva I., Lesiv M., Carter S., Herold M., Li L., Tsundbazar N.E., Ramoino F., Arino O. ESA WorldCover 10 m 2020 v100. 2021. DOI: 10.5281/zenodo.5571936.
12. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Васильченко А.А. Метод картографирования защитных лесных насаждений на основе разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения и бисезонного индекса леса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19, № 4. С. 207–222.
13. Hansen M., Potapov P., Moore R., Hancher M., Turubanova S., Tyukavina A., Thau D., Stehman S., Goetz S., Loveland T., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C., Townshend J. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // Science. 2013. Vol. 342, Is. 6160. P. 850–853.
14. Сергеева Е.С. Экологические последствия инвазии ясеневой изумрудной узкотелой златки, *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Vuprestidae), на территорию Нижнего Поволжья // Куражковские чтения. Материалы II Международной научно-практической конференции / Составитель А.Н. Бармин. Астрахань, 2023. С. 18–21.
15. Orlova–Bienkowskaja M.J., Drogvlenko A.N., Zabaluev I.A., Sazhnev A.S., Peregodova E.Y., Mazurov S.G., Komarov E.V., Struchaev V.V., Martynov V.V., Nikulina, T.V., Bienkowski A.O. Current range of *Agrilus planipennis* Fairmaire, an alien pest of ash trees, in European Russia and Ukraine // Ann. For. Sci. 2020. Vol. 77. P. 1–14.

ГОРОД-КУРОРТ АНАПА – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА

¹Волкова Т.А., ²Бойко Е.С., ²Комаров Д.А.

¹ФГБУН Институт океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук,
Южное отделение, Геленджик, e-mail: mist-next4@inbox.ru;

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар,
e-mail: mist-next4@inbox.ru

Черноморское побережье Краснодарского края на современном этапе играет ведущую роль в системе туризма Российской Федерации. Курорты различного значения ежегодно принимают значительное количество отдыхающих. Город-курорт Анапа традиционно является одним из самых популярных мест для пляжно-купального отдыха и считается детской здравницей. Целью исследования является анализ современного состояния и определение перспектив развития территории города-курорта Анапа. Туристско-рекреационный комплекс города-курорта Анапа активно развивается. Анализ статистических данных, приведенный в статье, позволяет говорить об устойчивой положительной динамике сети средств размещения и количества размещенных лиц. В статье рассматривается один из базовых ресурсов развития туризма и рекреации города-курорта – песчаные и галечные пляжи, анализ произведен в контексте сравнительной оценки особенностей распределения рекреационной нагрузки в пределах территории, анализируются заполняемость участков с различными видами пляжей. В высокий сезон в первую очередь заполняются песчаные пляжи, так как главную роль играет температура воды, комфортный отдых с детьми. В качестве перспективного направления развития курорта анализируется создание курорта «Новая Анапа». Мнения экспертов относительно проекта «Новая Анапа» разделились: некоторые эксперты считают выбор данного места неудачным из-за возможности нанесения ущерба ООПТ «Анапская пересыпь»; другие, напротив, считают, что именно это место идеально подходит для развития туристского кластера.

Ключевые слова: Краснодарский край, город-курорт Анапа, пляжно-купальный отдых, пляж, Новая Анапа, Анапская пересыпь, средства размещения, туристско-рекреационный комплекс

Работа выполнена по теме госзадания FMWE-2021-0013 «Морские природные системы Черного и Азовского морей: эволюция и современная динамика гидрофизических, гидрохимических, биологических, береговых и литодинамических процессов».

ANAPA RESORT – CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF TOURISM

¹Volkova T.A., ²Boyko E.S., ²Komarov D.A.

¹Institute of Oceanology named after P.P. Shirshov Russian Academy of Sciences,
Southern Branch, Gelendzhik, e-mail: mist-next4@inbox.ru;

²Kuban State University, Krasnodar, e-mail: mist-next4@inbox.ru

The Black Sea coast of the Krasnodar region at the present stage plays a leading role in the tourism system of the Russian Federation. Resorts of various importance annually receive a significant number of vacationers. The resort town of Anapa is traditionally one of the most popular places for beach and swimming holidays and is considered a children's health resort. The purpose of the study is to analyze the current state and determine the prospects for the development of the territory of the resort city of Anapa. The tourist and recreational complex of the Anapa resort city is actively developing. The analysis of statistical data presented in the article allows us to speak about the stable positive dynamics of the network of accommodation facilities and the number of persons accommodated. The article examines one of the basic resources for the development of tourism and recreation of the resort city – sand and pebble beaches, the analysis is carried out in the context of a comparative assessment of the characteristics of the distribution of recreational load within the territory, and the occupancy of areas with different types of beaches is analyzed. In the high season, sandy beaches are the first to fill up, since the main role is played by the water temperature and a comfortable holiday with children. The creation of the New Anapa resort is analyzed as a promising direction for the development of the resort. Expert opinions regarding the New Anapa project are divided: some experts consider the choice of this location to be unsuccessful due to the possibility of causing damage to the Anapa Peresyp protected area; others, on the contrary, believe that this particular place is ideal for the development of a tourist cluster.

Keywords: Krasnodar region, Anapa resort, beach and bathing vacation, beach, accommodation facilities, Novaya Anapa, Anapa bay, tourist and recreational complex

The work was carried out on the topic of state assignment FMWE-2021-0013 “Marine natural systems of the Black and Azov Seas: evolution and modern dynamics of hydrophysical, hydrochemical, biological, coastal and lithodynamic processes”.

Развитие туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края характеризуется территориальной неравномерностью. Территория морских побережий лидирует по количеству принимаемых туристов. Цели исследования – актуализация сведений о современных особенностях развития туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края и определение роли каждого из морских побережий в пределах региона [1]. В результате проведенных исследований было определено, что территория обладает значительным потенциалом для дальнейшего роста и развития туристско-рекреационного комплекса, но при этом остро встают вопросы рекреационной нагрузки на природную среду и устойчивости туристской деятельности в целом.

Краснодарский край традиционно является лидером в нашей стране по числу туристских прибытий и опережает такие известные туристические центры, как Кавказские Минеральные Воды, Карелия, Ленинградская область, Алтайский край [2] и др. Туристский поток, принимаемый регионом, демонстрирует положительную динамику и на 2022 г. превысил значения по сравнению с периодом пандемии коронавирусной инфекции: в 2018 г. – 16,2 млн чел., в 2019 г. – 17,2 млн чел., в 2020 г. – 12,1 млн чел., в 2021 г. – 16,8 млн чел., в 2022 г. – 17,4 млн чел. Курортные районы Краснодарского края являются лидерами по количеству отелей. Наиболее активно гостиничная индустрия набирает обороты и развивается в муниципальных районах черноморского побережья, в городах Сочи, Анапа, Геленджик.

Целью исследования является анализ современного состояния и определение перспектив развития территории города-курорта Анапа.

Материалы и методы исследования

Методы исследования: анализ научно-методических источников, обобщение теоретического материала, анализ статистических данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Анапа – курортный округ федерального значения с уникальными природными факторами для лечения и отдыха. Первые упоминания о поселениях на территории современной Анапы относятся к III–II вв. до н.э. В 1829 г. город окончательно вошел в состав России. Он стал одним из важнейших фор-

постов на границе с Османской империей [3]. Город Анапа официально объявлен городом в 1846 г. Анапский район образован 26 января 1923 г. постановлением Кубано-Черноморского областного исполнительного комитета и входит в административно-территориальное деление Краснодарского края [4]. В 1846 г. Анапа получила статус портового города «для поселения жителей торгового и промышленного класса».

Территория получила статус города-курорта в 1866 г. В первой половине XX в. было построено множество здравниц и медицинских центров. В тот период инфраструктура быстро развивалась [4]. Указом Президента Российской Федерации от 22 сентября 1994 г. № 1954 району курорта Анапа придан статус федерального курортного региона, предназначенного для отдыха и лечения детей, подростков и родителей с детьми. С 16.09.1996 после регистрации устава управлением юстиции администрации Краснодарского края курорт Анапа как муниципальное образование именуется город-курорт Анапа. Муниципальное образование город-курорт Анапа наделен Законом Краснодарского края № 676 от 1 апреля 2004 г. «Об установлении границ муниципального образования город-курорт Анапа и наделении его статусом городского округа» статусом городского округа.

Город Анапа и Анапский район как объекты административно-территориального устройства Краснодарского края состоят из следующих административно-территориальных единиц:

– Город Анапа – (в том числе х. Чембурка), Витязевский сельский округ – центр с. Витязево, Благовещенский сельский округ – центр ст. Благовещенская.

– Анапский район – Анапский сельский округ – центр ст. Анапская и населенные пункты: х. Бужор, х. Усатова Балка, х. Тарусин, х. Куматырь, х. Курбацкий, х. Куток; Виноградный сельский округ – центр п. Виноградный и населенные пункты: п. Суворов-Черкесский, п. Уташ; Гайкодзорский сельский округ – центр с. Гай-Кодзор, населенные пункты: х. Заря, х. Рассвет; Гостагаевский сельский округ – центр ст. Гостагаевская, населенные пункты: х. Малый Чекон, х. Коваленко; Джигинский сельский округ – центр с. Джигинка, населенный пункт х. Уташ; Первомайский сельский округ – центр с. Юровка, населенные пункты: х. Чекон, х. Вестник, х. Большой Разнокол, х. Малый Разнокол, х. Веселая Гора, х. Иванов, х. Красная Горка, х. Прикубанский, х. Черный, х. Ниж-

ний Ханчакрак, х. Верхний Ханчакрак, х. Розы Люксембург, х. Верхний Чекон; Приморский сельский округ – центр с. Цибанобалка и населенные пункты: п. Пятихатки, х. Песчаный, х. Нижняя Гостагайка, х. Красный, х. Красный Курган, х. Красная Скала, х. Воскресенский, х. Капустин, п. Верхнее Джемете; Супсехский сельский округ – центр с. Супсех, населенные пункты: с. Варваровка, с. Сукко, п. Просторный, с. Большой Утриш, п. Малый Утриш [4].

Территория получила статус муниципального образования город-курорт в 2006 г. Границы города-курорта Анапа определяют единую территорию муниципального образования с центром г. Анапа и общей площадью 98186 га [4].

Город расположен в юго-восточной части Краснодарского края, на стыке предгорий Большого Кавказа и степей Таманского полуострова (рис. 1). Климат от умеренного континентального до субтропического, также Анапа считается самым солнечным курортом Черноморского побережья, в календарном году насчитывается около 280 солнечных дней. Рельеф, геолого-географические и бальнеологические особенности курорта позволили создать уникальные условия для оздоровления и активного отдыха туристов. Одним из факторов развития туризма Анапского региона являются 40 км песчаных и 10 км галечных пляжей. Ширина пляжной зоны достигает от нескольких десятков метров в городской части курорта и до 1 км на Витязевской косе, состоящей из кварцевого песка. Витязевская коса – часть Анапской пересыпи, по своей структу-

ре может быть разделена на пляжную зону, расположенную по обеим сторонам косы, и донную, которая занимает центральную часть косы и которую современные ученые относят к категории уникальных морских береговых ландшафтов. Дюны – это форма рельефа, осложняющая поверхность Витязевской косы (пересыпи), сложенной песком с примесью ракушечного детрита. Рекреационный потенциал пляжей достаточно высок – одновременно могут располагаться 100 тыс. туристов. Температура воздуха зимой в среднем -5°C , в летний период – $+25^{\circ}\text{C}$. Большое число бьюветов с минеральной водой, санаторно-курортных комплексов, предоставляющих оздоровительные процедуры с бальнеологическим лечением, делают этот федеральный курорт одним из самых посещаемых в России.

В морском порту Анапа на участке от пос. Витязево до острова Большой Утриш имеется три причала – базы стоянки маломерных судов, которые могут быть определены как яхтенные марины. На базах стоянок маломерных судов имеется развитая инфраструктура: вода, электроэнергия, подъездные пути, организованы снятие судовых отходов, охрана. Причалы надежно защищены от неблагоприятных погодных условий на всех направлениях, имеют достаточные глубины для большинства маломерных судов и яхт [5].

Все вышеперечисленные особенности позволяют данному курорту иметь некоторые конкурентные преимущества перед другими курортами Черноморского побережья России.

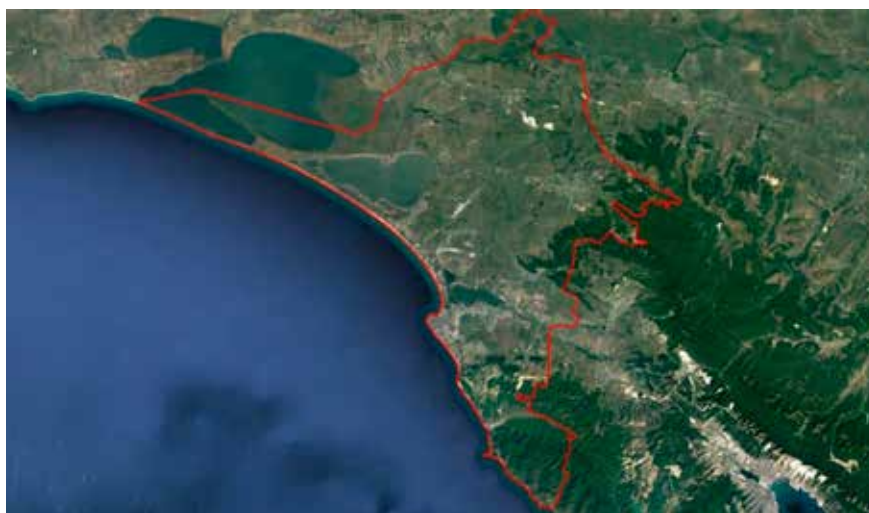


Рис. 1. Границы муниципального образования город-курорт Анапа (границы нанесены авторами, космический снимок от 8 сентября 2021 г., данные Google-EarthPro)

Таблица 1

Количество средств размещения разного типа

	2015	2017	2018	2019	2020	2021
Число коллективных средств размещения	293	815	947	918	852	961
Число гостиниц и аналогичных средств размещения	228	671	811	769	716	801
Число специализированных средств размещения	65	144	142	149	136	160
Доля ССР, %	22,2	17,7	15,0	16,2	16,0	16,6
Доля гостиниц в КСР, %	77,8	82,3	85,6	83,8	84,0	83,4
Темпы роста цепные КСР, %	–	278,2	116,2	96,9	92,8	112,8
Абсолютный прирост цепной КСР, ед.	–	522	132	-29	-66	109
Темп роста базисный кол-ва КСР, %	–	278,2	323,2	313,3	290,8	328,0
Темп роста базисный кол-ва гостиниц, %	–	294,3	355,7	337,3	314,0	351,3
Темп роста базисный кол-ва ССР, %	–	221,5	218,5	229,2	209,2	246,2

Примечание: составлено авторами по данным Краснодарстата.

Таблица 2

Номерной фонд средств размещения разного типа

	2018	2019	2020	2021
Номерной фонд коллективных средств размещения	36905	39417	35873	41937
Номерной фонд гостиниц и аналогичных средств размещения	15985	18785	17496	20281
Темп роста цепной номерного фонда КСР, %	–	106,8	91,0	116,9
Темп роста цепной номерного фонда гостиниц, %	–	117,5	93,1	115,9
Абсолютный прирост цепной номерного фонда КСР, ном.	–	2512	-3544	6064
Абсолютный прирост цепной номерного фонда гостиниц, ном.	–	2800	-1289	2785
Доля гостиниц в номерном фонде КСР, %	43,3	47,7	48,8	48,4
Темп роста базисный номерного фонда КСР, %	–	106,8	97,2	113,6
Темп роста базисный номерного фонда гостиниц, %	–	117,5	109,5	126,9

Примечание: составлено авторами по данным Краснодарстата.

Важным аспектом работы индустрии гостеприимства является разнообразие средств размещения в данной туристской дестинации. По данным Управления федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и республике Адыгея [6] количество коллективных средств размещения в Анапе увеличилось с 2015 г. по 2021 г. более чем в 3 раза, а количество номеров в них с 2018 г. увеличилось более чем на 5 тыс. ед. (табл. 1, 2). Эти данные позволяют сделать вывод, что развитие объектов индустрии гостеприимства идет совместно с потребностями туристов в проживании на территории курорта.

На сегодняшний день в Анапе насчитывается 990 коллективных средств размещения различного уровня звездности, а также присутствуют объекты размещения, еще не получившие сертификат о классификации средства размещения. 787 объектов

гостиничной индустрии курорта являются индивидуальными средствами размещения. В Анапе преобладают средства размещения категории «без звезд» и не получившие категорию классификации, также много средств размещения категории «три звезды». Этот факт может свидетельствовать о преобладании бюджетных средств размещения, которые пользуются популярностью у большинства населения страны. В последние годы на Черноморском побережье Краснодарского края стала внедряться система «Ultra All-inclusive». Средства размещения, работающие по этой системе, предлагают гостям расширенный перечень услуг: промежуточное дополнительное питание, алкогольные и безалкогольные напитки, а также различного рода анимационную программу. Такой формат проживания добавляет конкурентные преимущества для средств размещения высоких категорий.

Таблица 3

Число мест в средствах размещения различного типа

	2018	2019	2020	2021
Число мест в коллективных средствах размещения	95190	97723	89082	108254
Число мест в гостиницах и аналогичных средствах размещения	37064	44057	42913	48423
Число мест в специализированных средствах размещения	58126	53666	46169	59831
Темп роста цепной количества мест в КСР, %	–	102,7	91,2	121,5
Темп роста цепной количества мест в гостиницах, %	–	118,9	97,4	112,8
Темп роста цепной количества мест в ССР, %	–	92,3	86,0	129,6
Абсолютный прирост цепной количества мест в КСР, ед.	–	2533	-8641	19172
Абсолютный прирост количества мест цепной в гостиницах, ед.	–	6993	-1144	5510
Абсолютный прирост цепной количества мест в ССР, ед.	–	-4460	-7497	13662
Доля гостиниц в количестве мест в КСР, %	38,9	45,1	48,2	44,7
Темп роста базисный кол-ва мест в КСР, %	–	102,7	93,6	113,7
Темп роста базисный кол-ва мест в гостиницах, %	–	118,9	115,8	130,6
Темп роста базисный кол-ва мест в ССР, %	–	92,3	79,4	102,9

Примечание: составлено авторами по данным Краснодарстата.

Таблица 4

Численность лиц, размещенных в средствах размещения различного типа

		Коллективные средства размещения	Гостиницы и аналогичные средства размещения	Специализированные средства размещения	Доля гостиниц в КСР, %
Численность размещенных лиц – всего	2018	857900	341650	516250	39,8
	2019	1026087	450168	575919	43,9
	2020	740414	376870	363544	50,9
	2021	1115246	516132	599114	46,3
Абсолютный прирост цепной, чел.	2019	168187	108518	59669	64,5
	2020	-285673	-73298	-212375	25,7
	2021	374832	139262	235570	37,2
Темп роста цепной, %	2019	119,6	131,8	111,6	–
	2020	72,2	83,7	63,1	–
	2021	150,6	137,0	164,8	–
Темп роста базисный, %	2019	119,6	131,8	111,6	–
	2020	86,3	110,3	70,4	–
	2021	130,0	151,1	116,1	–
Абсолютный прирост базисный, чел. 2021 г. к 2018 г.		257346	174482	82864	–

Примечание: составлено авторами по данным Краснодарстата.

Стоит отметить, что динамика количества коллективных средств размещения сохраняет положительную направленность, несмотря на кризисы гостиничной индустрии, вызванные пандемией коронавируса, международными санкциями после фев-

ральских событий 2022 г. Вышеперечисленные события оказали значительное влияние на то, что Черноморское побережье Краснодарского края стало одним из главных мест летнего отдыха для граждан Российской Федерации.

На 2021 г. коллективные средства размещения в Анапе были представлены следующими типами: базы отдыха (49), городские отели (596), курортные отели (23), пансионаты (53), туристские базы (2) и хостелы (2), что позволяет говорить о достаточно широком спектре средств размещения для отдыха туристов.

Число мест в коллективных средствах размещения с 2018 по 2021 г. увеличилось более чем на 13 тыс., в гостиницах и аналогичных средствах размещения – более чем на 11 тыс., в специализированных средствах размещения – более чем на 1700 ед. (табл. 3); количество размещенных в коллективных средствах размещения с 2018 по 2021 г. увеличилось более чем на 250 тыс., в гостиницах и индивидуальных средствах размещения – более чем на 150 тыс., специализированных средствах размещения – более чем на 80 тыс. (табл. 3, 4). Общее число койко-мест в коллективных средствах размещения в 2022 г. составляло 115463 ед., номерной фонд составляет 45818 ед. Индивидуальные средства размещения предлагали 15379 номеров вместимостью 62965 койко-мест.

Существуют определенные сложности с анализом точной статистики туристских прибытий в отдельные муниципальные образования Краснодарского края. Отсутствие точных статистических данных о количестве граждан, посещающих территорию курорта, и об их передвижениях внутри локального туристского комплекса не позволяет сделать вывод о динамике количества рекреантов, которые непосредственно участвуют в создании единовременной нагрузки непосредственно на береговую зону курорта. Число туристов, посетивших Анапу, возможно отследить по данным СМИ. Так, в 2018 г. на курорте отдохнуло 4850 тыс. чел.; в 2019 г. это число составило 4984 тыс. чел.; в 2021 г. только 1115 тыс. чел. В 2022 г., по данным на август 2022 г., город-курорт посетили 3,2 млн чел., что на 28% больше, чем за тот же период 2021 г. Последствия коронавирусных ограничений сильнее всего нанесли ущерб в 2020 и 2021 гг. Турпоток на Анапское побережье постепенно восстанавливается, но полноценному возобновлению объемов туристских прибытий мешает невозможность добраться до курорта воздушным транспортом из-за закрытого авиасообщения.

Если говорить в целом о Черноморском побережье Краснодарского края, то, безусловно, в последние годы основной объем туристских прибытий принимает на себя

город-курорт Сочи, на территории которого в 2021 г. в коллективных средствах размещения было размещено 2895376 чел. (всего на территории Краснодарского края в коллективных средствах размещения в 2021 г. разместилось 8073926 чел.). На примере города-курорта Сочи можно сказать, что высокий сезон помимо положительных экономических аспектов преподносит негативные последствия, связанные с недовольством местного населения поведением туристов, а также ухудшением дорожной обстановки в городе, так как многие туристы приезжают на личном автотранспорте, повышением цен на различные товары и услуги и т.п. Важным инструментом восстановления туристской инфраструктуры после высокого сезона является курортный сбор. На сегодняшний день в Анапе он составляет 30 руб. в сутки с взрослого туриста, эти средства направляются на реконструкцию или создание туристской инфраструктуры. Этот инструмент не работает с «теневым сектором», который на сегодняшний день составляет значительную часть общего числа предоставляемых гостиничных услуг.

Одним из главных способов решения данной проблемы может стать полномасштабный сбор данных не только о прибытии туристов в конкретные туристские дестинации, но и о пространственно-временных особенностях их передвижения внутри локального туристско-рекреационного комплекса, что возможно осуществить с помощью фото- и видеофиксации. Внедрение системы «Умный город» с технологией распознавания лиц позволит отслеживать число туристов в конкретных районах туристских центров в различное время суток. Такой метод позволит не только отслеживать наплыв туристов в разное время суток на определенных участках территории, но и прогнозировать и предупреждать снижение комфортности отдыха в пределах территории.

На протяжении всего Черноморского побережья Краснодарского края наблюдается диспропорция рекреационной нагрузки, так как Черноморское побережье неоднородное, различные части береговой зоны обладают разной туристской привлекательностью. Стоит также отметить, что рекреационная нагрузка напрямую зависит от сезонности, поэтому необходимо разделить календарный год на две части: высокий (апрель – сентябрь) и низкий сезон (октябрь – декабрь; январь – апрель).

Территория города-курорта Анапа не является исключением – здесь в пределах

одной туристской дестинации представлено сразу два побережья: песчаное и галечное. Всего на территории города-курорта расположено более 60 пляжей. Песчаная часть берега города-курорта имеет длину 42 км и простирается от Центрального пляжа до поселка Витязево, здесь ширина пляжей достигает нескольких сотен метров. Основные пляжи находятся на Пионерском проспекте – одной из главных магистралей города, вдоль которой построены прогулочные тропы здоровья и велодорожки. Галечные пляжи расположены в южной части города. Самыми известными являются пляжи Малая бухта, 40 лет Победы, Золотая бухта и Высокий берег.

Из-за хорошей транспортной доступности этой части города, а также большого числа средств размещения данные участки береговой зоны пользуются большой популярностью среди туристов и местных жителей. Также мелководье очень хорошо прогревается уже в первые месяцы лета, поэтому песчаные пляжи отлично подходят для отдыха с детьми. Прекрасная транспортная доступность пляжей на Пионерском проспекте позволяет посещать их большому числу туристов и местных жителей (рис. 2).

Центральный пляж, пляжи Пионерского проспекта и Нижнего Джемете являются самыми загруженными в летний сезон, большую роль играют большое число средств размещения на Пионерском проспекте, которые образуют практически непрерывную линию из отелей, санаториев, детских ла-

гереЙ, средства размещения присутствуют как на первой линии, так и на второй линии от моря. Такая концентрация объектов размещения способствует резкому повышению рекреационной нагрузки именно в летний период, так как многие средства размещения работают только в летний период. Если говорить про пляжи Витязево, то там также присутствует рекреационная нагрузка на береговую зону, но уровень этой нагрузки значительно меньше.

Галечные пляжи малолюдны по сравнению с песчаными, особенно «дикие» пляжи от Высокого берега в сторону поселка Сукко. Особенностью пляжно-купальной рекреации на Черноморском побережье Краснодарского края в целом является «любовь» туристов к отдыху на так называемых «диких» пляжах – участках береговой зоны, не оборудованных для пляжно-купального отдыха и технически не являющихся пляжами согласно ГОСТ Р 55698-2013 «Туристские услуги. Услуги пляжей. Общие требования». На «диких» галечных пляжах отсутствуют спасательные службы, пребывание на них сопряжено с определенными рисками для рекреанта. Галечные пляжи (рис. 3) уступают по протяженности песчаным, что не позволяет проводить полномасштабные мероприятия по развитию данных территорий, условия рельефа данной части Черноморского побережья осложняют процессы благоустройства, которые могли бы сильно изменить ситуацию в лучшую сторону.



Рис. 2. Песчаная часть береговой зоны города-курорта Анапа (трехмерное изображение цифровой модели рельефа SRTM, драпированное космическим снимком от 8 сентября 2021 г., данные Google-EarthPro)



Рис. 3. Галечный участок береговой зоны города-курорта Анапа (трехмерное изображение цифровой модели рельефа SRTM, драпированное космическим снимком от 8 сентября 2021 г., данные Google-EarthPro)

Галечная часть города пользуется спросом у туристов, которые предпочитают отдых с минимальным уровнем удобств, так как среди галечных пляжей оборудованных значительно меньше, чем песчаных. Самым загруженным считается пляж на Высоком берегу в центре Анапы, некоторые пляжные территории в этом районе принадлежат санаториям, из-за чего вход на них производится по пропускам.

Южнее данного района рекреационная нагрузка снижается, но также снижается и привлекательность этих территорий. Самым популярным пляжем в этой части города является пляж «40 лет Победы». Галечные пляжи у подножия обрывов в сторону Сукко интересны туристам, предпочитающим «дикий» отдых, эти территории никак не благоустроены, эта часть береговой зоны даже в летний период практически безлюдна. Особенность данных пляжей в том, что большинство из них находятся у подножия крутых обрывов, для доступа к ним установлены лестницы. Самыми известными являются «800 ступеней» и «300 ступеней», поэтому эти пляжи выбирают туристы, которые имеют физические возможности для того, чтобы подняться и спуститься по таким лестницам. Остальные спуски не оборудованы и достаточно опасны, представляют собой тропинки по практически отвесным скалам. Все эти факторы снижают рекреационную нагрузку на эту часть береговой линии до минимума.

Именно в летний период особенно заметно различие в количестве туристов

на участках побережья с песчаными и галечными пляжами, на песчаных пляжах рекреационная нагрузка значительно выше, чем на галечных пляжах в сторону поселка Сукко. Безусловно, такая диспропорция во многом связана не только с физико-географическими особенностями береговой зоны и ее восприятием туристами с позиции пляжно-купального отдыха, но и с профилем города-курорта Анапа – всероссийского детского курорта, который ориентирован на отдых и оздоровление именно семей с детьми, для которых песчаное побережье является предпочитаемым местом отдыха (мелководье, которое очень быстро прогревается; отсутствие острых камней; транспортная доступность).

В высокий сезон в первую очередь заполняются песчаные пляжи, так как главную роль играет температура воды, комфортный отдых с детьми, но при этом существуют факторы, снижающие благоприятное впечатление от отдыха на курорте: главным минусом данного участка береговой зоны является цветение моря в июле-августе, в эти периоды большое количество водорослей затрудняют вход в море, а также являются источником неприятного запаха.

Одним из перспективных направлений развития территории города-курорта Анапа может стать создание курорта «Новая Анапа» – это новый туристский кластер в станице Благовещенская, который должен занимать около 800 га (рис. 4).



Рис. 4. Примерные границы реализации проекта Новая Анапа (границы нанесены авторами, космический снимок от 8 сентября 2021 г., данные Google-EarthPro)

Следует отметить, что в 2007 г. постановлением Правительства РФ № 70 (от 03.02.2007) была создана особая экономическая зона туристско-рекреационного типа (ОЭЗ ТРТ) Новая Анапа. На тот момент предполагалось использование земель поселений за ст. Благовещенской площадью 822 га, свободных от застройки; участок Бугазской косы, окруженный с трех сторон водами лиманов и Черного моря. Планируемая емкость предполагалась 60000 койко-мест. [7]. На тот период в рамках ОЭЗ ТРТ Новая Анапа предусматривалось реализация идеи курорта для семейного пляжного отдыха, предлагающего возможности спокойного отдыха в разных форматах: пляжный отдых по системе «все включено», культурный отдых с детьми, бальнеология и СПА-терапия, апартаменты, работающие на условиях таймшер, отдельно стоящие мини-отели, а также активный спортивный отдых: гольф, теннис, аквапарк, бассейны, парусный спорт, виндсерфинг [8]. При этом в период обсуждения перспектив создания ОЭЗ ТРТ Новая Анапа в 2007–2010 гг. многие эксперты выражали озабоченность высокой степенью вероятности причинения ущерба природной среде при создании указанной рекреационной территории. ОЭЗ ТРТ Новая Анапа прекратила свое существование 24 сентября 2010 г. (Постановление Правительства от 24.09.2010 № 752), причиной этого послужило отсутствие инвестиционных соглашений в течение трех лет. На строительство государство выделяло 170 млн руб. из госбюджета, хотя планиро-

валось 500–700 млн руб. Также оказалось, что часть территории находится в частной собственности [9].

Современный проект Новая Анапа предполагает финансирование на условиях государственно-частного партнерства. Одной из главных идей проекта является так называемый «10-минутный город» – компактное пространство, где будет сформирована городская среда таким образом, чтобы на небольшой площади собрать максимум возможностей и инфраструктуры для полноценного отдыха. Также в проект заложены две набережные и пляжи – 10 км на Черном море и лимане. Планируется создание семи тематических зон, каждая из которых будет отвечать за определенное направление отдыха: отдых, здоровье, прогулки, спорт, события, развитие и кино [10, 11].

На реализацию проекта планируется потратить около 250 млрд руб., что превышает стоимость строительства трассы «Таврида» (160 млрд руб.) и Крымского моста (230 млрд руб.). Инвестиции будут направлены в двух направлениях: 28 млрд руб. на создание инфраструктуры (строительство объектов социальной инфраструктуры и строительство а/д п. Виноградный – ст. Благовещенская) и 135 млрд руб. будут направлены в основной сектор проекта. Безусловно, приоритетом является строительство средств размещения, так как данный проект создается с нуля, из-за чего требуется создать всю необходимую инфраструктуру в одном месте. Остальные статьи расходов будут только дополняющими к размещению

туристов, что, конечно, должно соответствовать уровню средств размещения. При этом проект должен иметь не просто высокие стандарты в индустрии гостеприимства, но и создать достойную конкуренцию курортам Сочи и Красной Поляны, чтобы развитие туристской отрасли на Черноморском побережье не останавливалось. Новая Анапа может стать новым местом притяжения на Черноморском побережье Краснодарского края.

Предполагается, что проект принесет более 8 млрд руб. налоговых поступлений в федеральный бюджет, а также создаст более 25 тыс. новых рабочих мест. Планируется построить более 50 средств размещения от трех до пяти звезд с номерным фондом около 15 тыс. номеров, 500 малых и средних предприятий в сфере обслуживания, этот проект будет реализован практически с нуля, что происходит впервые в Краснодарском крае. Новый город займет участок между Черным морем и Кизилташским и Витязевским лиманами на Благовещенской косе, примерные габариты застройки – 4,5 на 1,7 км. Площадь участка для реализации проекта превышает большинство поселков на Черноморском побережье, также участок сравним по площади с туристским центром Анапы.

Создание такого масштабного туристско-рекреационного кластера предполагает большую проектную работу, чтобы проект мог стать конкурентоспособным на Черноморском побережье и разгрузить другие туристские центры Краснодарского края. Также необходимо корректно интегрировать новый проект в имеющуюся городскую среду, чтобы минимизировать ущерб и максимизировать полезный эффект для местного населения.

В целом предполагается, что данный проект привлечет в Анапский район около 5 млн туристов ежегодно. Акцент планируют сделать на средства размещения трех и четырех звезд, чтобы удовлетворить потребности туристов, которые не могут позволить себе дорогостоящий отдых. До 2024 г. будет разработан детальный план курорта Новая Анапа стоимостью до 115 млн руб. Помимо всех вышеописанных преимуществ нового курорта, следует отметить тот факт, что экологи выражают определенные опасения по поводу строительства в данном районе Краснодарского края такого масштабного проекта. Также некоторое недовольство выражают представители местных жителей ст. Благовещенская, так как проект не предпо-

лагает создания социальной инфраструктуры для местного населения, у населения нет понимания, как будут реализованы рабочие места, так как необходимо либо строить инфраструктуру для размещения сотрудников, либо организовывать вахты из близлежащих населенных пунктов и Анапы.

Опасения экологов вызывает близость Новой Анапы к особо охраняемой природной территории «Анапская пересыпь». Анапская пересыпь – это обширное аккумулятивное песчаное тело протяженностью около 40 км, расположенное в северо-западной части российского побережья Черного моря. ООПТ «Анапская пересыпь» располагается частично в Темрюкском районе и частично на территории города-курорта Анапа, общая площадь – 32869,77 га. Границы нового туристского кластера примыкают к границам ООПТ, поэтому есть мнения, что даже при самом экологичном подходе будет утрачена часть ООПТ. Также планируется изъять под строительство нового курорта Новая Анапа 886 га Анапской пересыпи – единственное место в России обитания розового и кудрявого пеликана, а также могут быть утрачены 19 видов растений, занесенных в Красную книгу. Основным средством нивелирования обоснованных опасений и рисков должен стать природоориентированный подход, основанный на ответственном отношении на каждом этапе работы по реализации проекта, ответственном отношении к социальной и природной среде, выражаемом в «прозрачности» проектных работ и в открытом диалоге с местным населением. Очень важно для полноценного развития нового кластера детально разработать план строительства капитальных строений на территории Новой Анапы, в мировом опыте достаточно примеров, когда строительство туристского проекта органично вписывалось в окружающий ландшафт без вреда для него.

Заключение

В целом номерной фонд Анапы подходит для различных слоев населения, что позволяет говорить о полномасштабном развитии гостиничной индустрии федерального курорта. Дальнейшее развитие возможно с помощью продолжения работ по классификации средств размещения, вывода объектов размещения из «теневых» сектора и проведения работы по улучшению качества предоставляемых услуг.

При этом важно отслеживать рекреационную нагрузку в каждый из сезонов. Ведь

именно круглогодичные средства размещения могут отразить общую тенденцию туристских прибытий в определенный локус. Единственным действенным методом уменьшения рекреационной нагрузки является открытие новых мест туристского притяжения, чтобы туристы могли распределяться равномерно, не создавая друг другу физической и психологической дискомфорта, но при этом старые территории должны также развиваться, чтобы оставаться привлекательными для туристов. Иначе любое развитие будет наносить непоправимый ущерб всей территории, а также не будет приносить желаемого экономического эффекта.

Рекреационная нагрузка в городе-курорте Анапа распределяется неравномерно, что значительно влияет на техническое состояние инфраструктуры некоторых участков береговой линии. Мы уже отмечали, что самым загруженным в летний период является Центральный пляж, который расположен практически в центре города.

На наш взгляд, важным условием снижения туристской нагрузки будет ее грамотное распределение по всей береговой линии. В рамках этого вывода нами был рассмотрен проект «Новая Анапа», предполагающий создание нового курортного города. Однако и этот проект является спорным с экологической точки зрения.

Таким образом, можно сказать, что рекреационная нагрузка остается важным аспектом для развития туристской отрасли, так как именно благодаря равномерному распределению рекреационной нагрузки возможно избежать критического ущерба природным комплексам, которые являются базовым фактором развития рекреации. Также будут развиваться территории, на сегодняшний день не являющиеся привлекательными для туристов. И это, в свою оче-

редь, повлечет за собой эволюцию не только туристской инфраструктуры, но и социальной и транспортной инфраструктуры для местного населения.

Список литературы

1. Волкова Т.А., Беликов М.Ю. Побережья Черного и Азовского морей как основные туристско-рекреационные зоны Краснодарского края // Успехи современного естествознания. 2021. № 8. С. 41–46.
2. Куделя Е.В., Салеева Т.В. Государственные рычаги по повышению качества обслуживания в сфере курортов и туризма // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. 2013. № 1. С. 41–46.
3. Гоева Т.А., Филобок М.А., Куприяшкіна А.Е. Курорты федерального уровня в пределах Краснодарского края // Мировая наука. 2021. № 6 (51). С. 135–138.
4. Устав муниципального образования город-курорт Анапа // Официальный сайт муниципального образования город-курорт Анапа [Электронный ресурс]. URL: <https://anapa-official.ru/sovet/dokumenty-opredelyayushchie-rabotusoveta/> (дата обращения: 09.07.2023).
5. Салеева Т.В., Бугаец Н.А., Тихонова Е.В. Перспективы, проблемы и значимость круизного сообщения для развития Черноморских туристских центров Российской Федерации // Сервис в России и за рубежом. 2023. Т. 17. № 3 (105). С. 114–128.
6. Курортно-туристский комплекс Краснодарского края // Статистический сборник. Краснодарстат. Краснодар, 2022. 122 с.
7. Максимов Д.В., Мищенко А.А., Мищенко Т.А. Современное состояние рекреационного комплекса и его влияние на экологическую обстановку Черноморского побережья Краснодарского края // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2010. № 1(155). С. 106–108.
8. Стрижак М.С. К вопросу о курортно-рекреационном потенциале г. Анапа // Вестник СГУТиКД. 2011. № 2 (16). С. 123–125.
9. Киктева П.А. Конкретные случаи неуспеха функционирования особых экономических зон и выявление недостатков их проектирования // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 79–3. С. 40–45.
10. В Анапе построят «10-минутный город» // Анапа. Медиа [Электронный ресурс]. URL: <https://anapa.media/glavnye-novosti/v-anape-postroyat-10-minutnyj-gorod/> (дата обращения: 12.07.23).
11. Крюкова Е.М., Бобков Н.Е., Колбас К.Ю. Кластерный подход в развитии внутреннего туризма России // Социальная политика и социология. 2022. Т. 21. № 1 (142). С. 17–26.

УДК 91:502:582(470.620)
DOI 10.17513/use.38111

**ОЦЕНКА ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА
КАВКАЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА
ИМЕНИ Х.Г. ШАПОШНИКОВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Халикова В.А., Бабанский М.С., Зверева О.С.

*ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь,
e-mail: tamara.zelenskaya2016@yandex.ru*

В статье отражены результаты оценки флористического состояния заповедника имени Х.Г. Шапошникова. Одной из актуальных проблем является оценка состояния окружающей природной среды особо охраняемых природных территорий. Биоразнообразие является одним из важнейших параметров оценки устойчивости использования биологических ресурсов. Самой широкой угрозой является разрушение местообитаний, так как для понимания воздействия на вид того или иного фактора необходимо хорошо знать его биологию, поскольку воздействие может наблюдаться на одной части ареала, а отражаться на другой. Наименее очевидным является вторичное вымирание. Началом для сохранения разнообразия является его оценка. Именно показатели численности, структуры, полового и возрастного соотношения особей – это база для изучения, сравнения и выявления отклонений в положительную или отрицательную сторону. Глобальность рассматриваемого вопроса предполагает серьезный анализ и комплексную оценку биологического разнообразия, которые основаны на достаточно ответственном контроле состояния флоры и фауны биосферы в целом и не менее важен контроль состояния биомов на региональном уровне. Решения проблемы, направленные на сохранение разнообразия жизни, отражаются в стратегиях развития, разрабатываемых как на уровне государства, так и на уровне регионов.

Ключевые слова: биоразнообразие, редкие исчезающие растения, мониторинг, заповедник, фитоценоз

**ASSESSMENT OF THE FLORISTIC STATE
OF THE CAUCASUS NATURE RESERVE IN KRASNODAR KRAI**

Zelenskaya T.G., Stepanenko E.E., Khalikova V.A., Babanskiy M.S., Zvereva O.S.

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: tamara.zelenskaya2016@yandex.ru

The article reflects the results of the assessment of the floristic state of the Kh.G. Shaposhnikov Nature Reserve. One of the urgent problems is the assessment of the state of the environment of specially protected natural areas. Biodiversity is one of the most important parameters for assessing the sustainability of the use of biological resources. The most widespread threat is habitat destruction, since in order to understand the impact of a particular factor on a species, it is necessary to know its biology well, since the impact can be observed in one part of the range, and reflected in another. The least obvious is secondary extinction. The beginning for the preservation of diversity is its assessment. It is the indicators of the number, structure, sex and age ratio of individuals that are the basis for studying, comparing and identifying deviations in the positive or negative direction. The globality of the issue under consideration implies a serious analysis and comprehensive assessment of biological diversity, which are based on a sufficiently responsible control of the state of the flora and fauna of the biosphere as a whole, and monitoring of the state of biomes at the regional level is no less important. Solutions to the problem aimed at preserving the diversity of life are reflected in development strategies developed both at the state level and at the regional level.

Keywords: biodiversity, rare endangered plants, monitoring, nature reserve, plant community

Одной из актуальных проблем является оценка состояния окружающей природной среды особо охраняемых природных территорий.

Биоразнообразие является одним из важнейших параметров оценки устойчивости использования биологических ресурсов. Об угрозах биологическому разнообразию, с одной стороны, известно очень много, а с другой стороны, многие из них требуют дальнейших исследований. Самой широкой угрозой является разрушение местообитаний, так как для понимания воздействия того или иного фактора на вид необходимо хорошо знать его биологию,

поскольку воздействие может наблюдаться на одной части ареала, а отражаться на другой. Наименее очевидным является вторичное вымирание. Началом для сохранения разнообразия является его оценка. Именно показатели численности, структуры, полового и возрастного соотношения особей – это база для изучения, сравнения и выявления отклонений в положительную или отрицательную сторону [1].

Глобальность рассматриваемого вопроса предполагает серьезный анализ и комплексную оценку биологического разнообразия, которые основаны на достаточно ответственном контроле состояния флоры

и фауны биосферы в целом, и не менее важен контроль состояния биомов на региональном уровне. Решения проблемы, направленные на сохранение разнообразия жизни, отражаются в стратегиях развития, разрабатываемых как на уровне государства, так и на уровне регионов.

Цель исследования – оценка флористического состояния заповедника с определением степени нарушенности фитоценозов.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на основе анализа полевых экспедиционных исследований 2020–2022 гг., проведенных сотрудниками кафедры экологии и ландшафтного строительства Ставропольского государственного аграрного университета. Собран материал и дана оценка флористического состояния заповедника. Обработка данных и анализ результатов проводились на базе лаборатории экологического мониторинга Ставропольского ГАУ. Видовое разнообразие растительности заповедника и обилие видов в ассоциации изучалось на площадках 100 (10×10 м) м², обилие указывалось по шкале О. Друде. Изучение фитоценозов

видов проводится по методике Браун-Бланке. Основные параметры ООПТ находили с помощью компьютерной программы MapInfoProfessional 10.0.1 ru.

Заповедники – комплексные организационные структуры, которые одновременно являются научно-исследовательскими, природоохранными и эколого-просветительскими организациями [2]. Создавались они с целью решения «научных и научно-технических задач страны». Это обуславливает специфику и главное отличие заповедников от других форм охраняемых территорий, как в России, так и за рубежом. Площадь заповедника составляет 278518,8 га. Создан для сохранения и воспроизводства ценных, редких и исчезающих природных ресурсов растительного и животного мира (рис. 1).

Современное антропогенное влияние на окружающую природную среду ставит изучение биоразнообразия экосистем на первое место среди проблем современной экологии, а решение проблемы сохранения биологического разнообразия определяется как глобальная задача всего человечества.

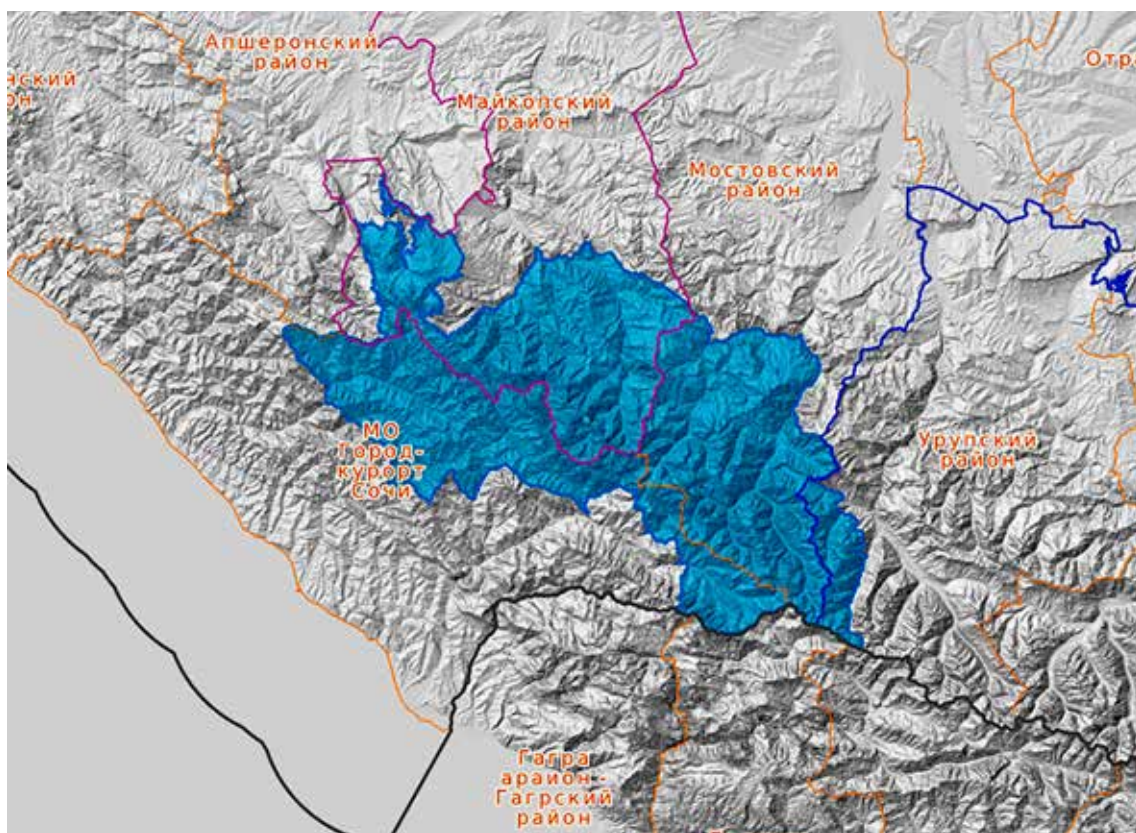


Рис. 1. Карта ООПТ Кавказского государственного природного биосферного заповедника имени Х.Г. Шапошникова (<https://www.kavkazzapoved.ru/>)

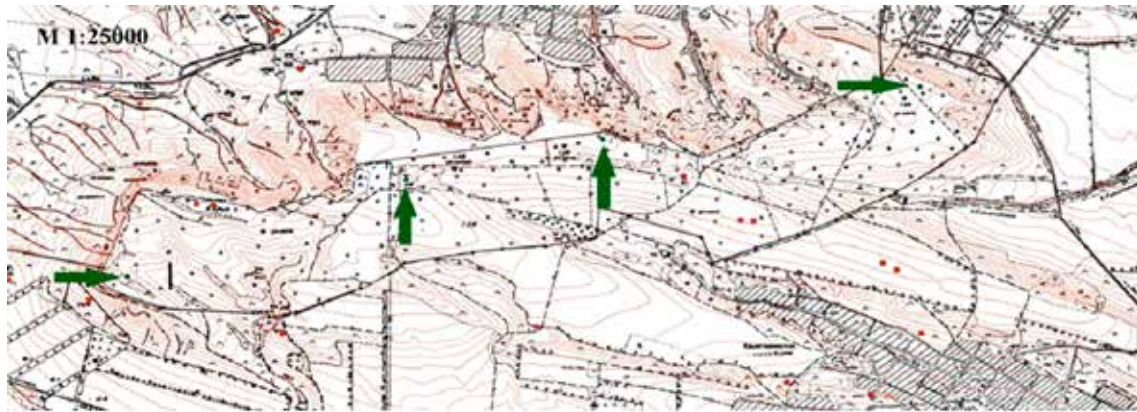


Рис. 2. Топографическая карта с отметками территорий пунктов исследования естественной растительности

Знание природных механизмов поддержания биологического разнообразия позволяет рационально использовать биологические ресурсы, не приводить к нарушению гомеостаза природных экосистем и сохранять их устойчивость [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования флороценологических особенностей естественной растительности проводились на территориях пунктов: 1 – северо-восточная часть; 2 – юго-западная часть; 3 – западная часть; 4 – восточная часть заповедника (рис. 2).

Изменения природной среды, а в частности, исходных растительных сообществ наблюдаются на обочинах дорог и троп. На данные территории проникают некоторые синантропные виды: пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.)), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* (L.)).

Изучение инфраструктуры тропиной сети свидетельствует о том, что она нередко меняла свою конфигурацию: нагрузка на некоторые участки возрастает, а на другие уменьшается.

Соотношения количества редких видов на территории пунктов исследования флороценологических особенностей естественной растительности в пределах заповедника представлены на рис. 3. Из представленных на рисунке данных видно, что наибольшее видовое разнообразие редких представителей флоры наблюдается в зоне 4 – восточная часть: 40% видов; в зоне 1 – северо-восточная часть: 28% видов; в зоне 3 – западная часть: 17% видов; наименьшее количество редких видов растений зафиксировано

во 2 зоне – юго-западная часть: 17 видов. Наиболее встречающимися видами являются: тисс ягодный (*Taxus baccata* L.), встречающийся по всей исследуемой территории; береза повислая (*Betula pendula* Roth), произрастающая повсеместно.

Ковыль перистый (*Stipa pennata* L.) также является видом практически повсеместного произрастания; сосна лесная (*Pinus sylvestris* L.) чаще замечена как отдельно стоящее дерево; живучка восточная (*Ajuga orientalis* L.) прекрасно переживает засуху. Часто встречались колокольчик Отрана (*Campanula autraniana* Albov) и шалфей клейкий (*Salvia glutinosa* L.).

Охрана редких растений и животных на особо охраняемых природных территориях часто является единственным способом сохранить данные виды, поскольку усилия, прежде всего, направлены на сбережение естественной для вида окружающей природной среды и свойственных ему экосистем.

В ходе работы были исследованы флороценологические показатели растительности зон исследования, анализ полученных данных представлен в табл. 1.

Анализ таблицы показывает, что биопродуктивность в северо-восточной части составила 13 ± 1 ц/га, в юго-западной части – 7 ± 1 ц/га, в западной части – 9 ± 1 ц/га и в восточной части – 11 ± 1 ц/га. Это говорит о том, что все исследуемые площадки характеризуются обилием видов.

Знание природных механизмов поддержания биологического разнообразия позволяет рационально использовать биологические ресурсы, не приводить к нарушению гомеостаза природных экосистем и сохранять их устойчивость [4. с. 12].



Рис. 3. Соотношения количества редких видов на территории пунктов исследования флороценологических особенностей естественной растительности

Таблица 1

Флороценологические показатели, полученные на территории пунктов исследования флороценологических особенностей естественной растительности в пределах заповедника

Зона	Видов 100 м ²	Ботанические группы, %			Группы по продолжительности жизни, %		Биопродуктивность (урожайность), ц/га	Покрытие	
		Злаки, осоки	Бобовые	Разногравье	Однолетники / двулетники	Многолетники		Истинное	Проектное
1 – северо-восточная часть	49	14	2	84	14	86	13±1	2,1±0,2	100
2 – юго-западная часть	26	4	0	96	19	81	7±1	1,5±0,1	80
3 – западная часть	29	14	3	83	21	79	9±1	1,7±0,1	90
4 – восточная часть	50	14	4	82	14	86	11±1	1,5±0,1	100

При проведении анализа данных по обилию редких видов растений было выявлено, что такие виды, как ложномушкери голубой (гиацинт мышинный, Мускари) (*Pseudomuscari coeruleum* (Losinsk.) Garbari), кандык кавказский (*Erythronium caucasicum* Woronow), пион тонколистный (*Paeonia tenuifolia* L.), подснежник широколистный (*Galanthus platyphyllus* Traub & Moldenke), ковыль перистый (*Stipa pennata* L.) произрастают неравномерной агрегацией особей.

Тогда как касатик безлистный (*Iris aphylla* L.), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich.), ятрышник прованский (*Orchis provincialis* Balb. ex Lam. & DC.), безвременник великолепный

(*Colchicum speciosum* Steven), лилия кавказская (*Lilium martagon* L.) чаще встречаются рассеянно, в небольшом количестве. Представители остальных видов чаще всего произрастают одиночно на значительном расстоянии друг от друга.

Обилие редких видов растений в зонах наблюдения и фиксирования растений на территориях исследований в заповеднике по среднему баллу обилия варьируется от редких до единичных особей. Количество в заповеднике соответственно не более 10–100 особей на 1 м² и от 10–100 особей на 1 га.

Среднее наименьшее расстояние между растениями в заповеднике 100–150 см. Проектное покрытие для редких видов – от 6 до 15%, для единичных – от 1 до 5%.

Таблица 2

Обилие редких видов растений в зонах наблюдения и фиксирования растений на территориях исследований в заповеднике

Редкие виды	Обилие по Друде			
	1 – северо-восточная часть	2 – юго-западная часть	3 – западная часть	4 – восточная часть
Молочай миндалевидный (<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.)	Sol.	Sol.	–	Sol.
Шафран долинный (<i>Crocus vallicola</i> Herb.)	Cop. 1	Sol.	–	Cop. 1
Ластовень вьющийся (<i>Vincetoxicum scandens</i> Sommier & Levier)	Un.	–	–	Un.
Ковыль перистый (<i>Stipa pennata</i> L.)	Cop. 3	–	Cop. 3	Cop. 3
Пион кавказский (<i>Paeonia daurica</i> subsp. <i>coriifolia</i> (Rupr.) D. Y. Hong)	Cop. 3	–	–	–
Астрагал альпийский (<i>Astragalus alpinus</i> L.)	–	–	–	Sp.
Шаровница волосоцветковая (<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey)	Sol.	–	–	Sol.
Вероника кавказская (<i>Veronica caucasica</i> M. Bieb.)	–	–	Sol.	Sol.
Каркас южный (<i>Celtis australis</i> L.)	Sp.	–	Sp.	Sp.
Подснежник альпийский (<i>Galanthus alpinus</i> Sosn.)	–	–	Cop. 1	–
Безвременник теневой (<i>Colchicum umbrosum</i> Steven)	–	Sol.	–	–
Тюльпан приземистый (<i>Tulipa humilis</i> Herb.)	Cop. 1	–	–	Cop. 1
Шалфей клейкий (<i>Salvia glutinosa</i> L.)	Sol.	Sol.	–	–
Тимьян майкопский (<i>Thymus majkopensis</i>)	–	–	–	Sp.
Зизифора Воронова (<i>Ziziphora woronowii</i> Maleev)	–	–	–	Un.
Василек синий (<i>Centaurea cyanus</i> L.)	–	–	–	Sol.
Копеечник копеечниковый (<i>Hedysarum hedysaroides</i> L.)	–	–	–	Sol.
Полынь горькая (<i>Artemisia absinthium</i> L.)	Un.	–	–	Un.
Маргаритка многолетняя (<i>Bellis perennis</i> L.)	–	Un.	–	–
Астрагал альпийский (<i>Astragalus alpinus</i> L.)	–	–	–	Un.
Лен слабительный (<i>Linum catharticum</i> L.)	–	–	–	Sp.
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	–	–	–	Sp.
Камнеломка восходящая (<i>Saxifraga adscendens</i> L.)	–	–	–	Sol.
Незабудка альпийская (<i>Myosotis alpestris</i> F.W. Schmidt)	Un.	–	Un.	Sol.
Осока понтийская (<i>Carex pontica</i> Albov)	Sol.	–	Un.	–
Лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i> L.)	–	Sol.	Un.	–
Мятлик альпийский (<i>Poa alpina</i> L.)	Sp.	–	–	Sol.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), шаровница волосоцветковая (*Globularia trichosantha* Fisch. & C.A. Mey.) были обнаружены в зонах 1, 3 – в кустарниковых зарослях, в зоне 4 – скально-осыпная растительность.

Подснежник альпийский (*Galanthus alpinus* Sosn.) – крайне редко встречающееся растение в заповеднике. Нами он был обнаружен в единственном экземпляре в зоне 2, среди кустарника вдоль проезжей дороги.

В ходе исследований был проведен анализ эндемизма и реликтовости растительного покрова. Изучение эндемизма играет ведущую роль при проведении флористического районирования. Соотношение групп эндемиков приведено на рис. 4.

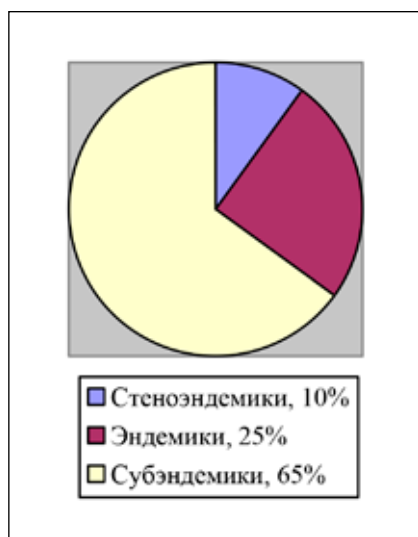


Рис. 4. Соотношение групп эндемиков в фитоценозе

В исследуемом фитоценозе среди эндемичных видов максимальное количество относится к группе субэндемиков, что составило 65%. Данные виды имеют ареалы, которые выходят за пределы изучаемого региона на смежные территории. Среди субэндемиков отмечены такие виды, как зверобой восточный (*Hypericum orientale* L.), самшит обыкновенный (*Buxus sempervirens* L.), падуб колхидский (*Ilex colchica* Pojark.), девясил великолепный (*Inula magnifica* Lipsky), колокольчик Отрана (*Campanula autraniana* Albov), смолевка альпийская (*Silene alpicola* Schischk.). На группу стеноэндемиков приходится всего 10%, представителем является вид тисс ягодный (*Taxus baccata* L.). Среди эндемиков определяются такие виды, как карагана мягкая (*Caragana mollis* (DC.)

Bess. (Fabaceae)), цикламен понтийский (*Cyclamen ponticum* (Alb.) Pobed.), подснежник Воронова (*G. woronowii* Losinsk.), рододендрон понтийский (*Rhododendron ponticum* L.) – на долю данной группы приходится 25%.

Изучение данных групп эндемиков важно для сохранения биологического разнообразия. Достаточно часто их относят к объектам первоочередной охраны, так как они являются носителями уникального генофонда. Наличие в составе флоры эндемичных видов является показателем ее оригинальности [5].

Таким образом, заповедник, занимая большую площадь, характеризуется хорошим уровнем биологического разнообразия и способен обеспечить сохранение растений Краснодарского края.

На исследуемой территории произрастают ценные кормовые растения, в большей степени они представлены семействами бобовых и злаковых. Среди представителей данной группы такие виды, как клевер, люцерна, эспарцет, донник, коострец, ежа сборная, вика, тимфеевка, пырей, овсяница, мятлики. Также встречаются лекарственные растения. Среди них зверобой, душица, тысячелистник, примула, подорожник, валериана, пижма, бессмертник, чабрец.

Несмотря на то, что заповедник соответствует статусу охраняемой природной территории, необходимо поддерживать природоохранный режим в его границах. Незаконная хозяйственная деятельность наносит невосполнимый вред природной среде и ее обитателям [6]. Рекреационная деятельность человека оказывает различное воздействие на экосистемы. Регулирование рекреационной нагрузки является основным методом сохранения и рационального использования ресурсов [7]. В ходе исследования были выявлены случаи неоднократного нарушения ограничений, действующих на территории заповедника.

Заключение

Таким образом, для сохранения биологического разнообразия и решения экологических проблем заповедника необходимо обеспечить проведение ряда природоохранных мероприятий: организация специализированных мест для осуществления рекреационной деятельности на территории заповедника; создание регулируемой и контролируемой системы рекреационного природопользования; установка контейнеров для сбора мусора вдоль дорог и тро-

пиночных сетей; очистка лесов от мусора; организация мероприятий лекционного характера, направленных на просвещение населения близлежащих населенных пунктов об охранном режиме заповедника, правилах нахождения и деятельности, запрещенной, на его территории.

Список литературы

1. Пименова Е.В. Особо охраняемые природные территории как элемент землепользования в условиях городской среды // Географическое изучение территориальных систем / Под ред. М.Б. Ивановой. 2020. С. 55–58.
2. Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е. Мониторинг антропогенного влияния особо охраняемых территорий // Образование. Наука. Производство. 2019. С. 49–51.
3. Байрамова А.А., Тагиев З.И. Рациональное использование и защита растительного покрова особо охраняемых природных территорий Малого Кавказа // Бюллетень науки и практики. 2020. № 6. С. 73–77.
4. Блинова С.В., Бибик Е.В. Биоразнообразие. Кемерово: КемГУ, 2018. 54 с.
5. Попченко М.И. Система жизненных форм растений К. Раункiera: учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. 34 с.
6. Овдиенко Н.И., Мовсесова В.В. Оценка туристско-рекреационных ресурсов и их критерии на примере Кавказских Минеральных Вод // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. 2013. № 1. С. 281–284.
7. Окмянская В.М. К вопросу мониторинга земель объектов особо охраняемых природных территорий // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2020. № 2. С. 4.

УДК 911.3

DOI 10.17513/use.38112

ТУРИЗМ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ: ДИНАМИКА, ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ СДВИГИ И ВНУТРЕННИЕ РАЗЛИЧИЯ

¹Литвиненко Т.В., ²Крылов П.М.

¹*Институт географии Российской академии наук, Москва, e-mail: litvinenko@igras.ru;*

²*ФГБОУ ВО «Государственный университет просвещения», Мытищи, e-mail: pmkrylov@yandex.ru*

В работе представлены результаты исследований динамики туризма на Дальнем Востоке на разных временных отрезках постсоветского периода. Для выявления различий и территориальных сдвигов проведены сопоставления с общероссийским уровнем и региональные сравнения для субъектов РФ по оси «север – юг». Применение статистического и сравнительно-географического методов позволило установить минимальный рост доли Дальневосточного района в общероссийских показателях числа мест в коллективных средствах размещения и обслуженных там лиц в 2000–2010 гг. и сокращение доли на других временных отрезках постсоветского периода. Сдвига в развитии туризма на менее освоенные территории востока страны не произошло. Несмотря на имеющийся потенциал, государственную поддержку, платежеспособный спрос российских и иностранных граждан, обеспечивших рост туризма после кризиса 1990-х гг., климатические и транспортно-географические ограничения не позволили Дальнему Востоку увеличить долю в общероссийских показателях. Внутри макрорегиона очевидного сдвига в развитии туризма на север не наблюдалось. Более заселенные регионы юга, особенно Приморский край с более развитой инфраструктурой и более благоприятными природными условиями для развития туризма, сохраняли лидерство на протяжении всего постсоветского периода.

Ключевые слова: туризм, Дальний Восток, динамика сферы туризма, коллективные средства размещения, внутренние сдвиги

Исследования выполнены по теме государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190170–1 (FMGE-2019–0008).

TOURISM IN THE RUSSIAN FAR EAST: DYNAMICS, TERRITORIAL SHIFTS AND INTERNAL DIFFERENCES

¹Litvinenko T.V., ²Krylov P.M.

¹*Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: litvinenko@igras.ru;*

²*State University of Education, Mytischki, e-mail: pmkrylov@yandex.ru*

The paper presents the research results of the tourism dynamics in the Far East of the country at different time intervals of the post-Soviet period. To identify differences and territorial shifts, comparisons with the all-Russian level and intra-macroregional comparisons along the north-south axis were carried out. The use of statistical and comparative geographical methods made it possible to establish a minimal increase in the share of the Far Eastern macro region in the all-Russian indicators of the number of bed-places and number of guests in collective accommodation facilities in 2000-2010 and the reduction of the share in other time intervals of the post-Soviet period. There has been no shift in the tourism development to the less developed territories of the east of the country. Despite the existing potential, state support, and the solvent demand of Russian and foreign citizens, which ensured the growth of tourism after the crisis of the 1990s, climatic and transport restrictions did not allow the Far East to increase its share in all-Russian indicators. Within the macroregion, there was no obvious shift in the tourism development to the north. The more populated regions of the south, especially Primorsky Krai, with more developed infrastructure and more favorable natural conditions for tourism development, maintained leadership throughout the post-Soviet period.

Keywords: tourism, the Russian Far East, dynamics of tourism sector, collective accommodation facilities, internal shifts

The research was carried out on the topic of the state assignment of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences АААА-А19-119022190170–1 (FMGE-2019–0008).

Усиленное внимание к развитию туризма на Дальнем Востоке обусловлено российским «поворотом на Восток», а именно – переориентацией России на более тесное взаимодействие со странами АТР и опережающее развитие восточных регионов страны [1; 2]. Российское государство и граждане крайне заинтересованы в динамичном развитии сферы туризма на Дальнем Востоке. Внутренний и въездной туризм способствуют диверсификации реги-

ональной экономики, росту налоговых поступлений, комплексному использованию природно-ресурсного и этнокультурного потенциала территории, устранению внутрирегиональных диспропорций на базе опережающего развития территорий туристско-рекреационной направленности. Успешное развитие туризма благоприятствует повышению занятости местного населения, закреплению трудоспособного населения и улучшению качества его жиз-

ни. Востребованность отдыха и туризма российских граждан на востоке страны усилилась с 2020 г. после ограниченных возможностей выезда за рубеж из-за пандемии COVID-19, а также вследствие санкционного давления.

Несмотря на достаточно многочисленные работы географов, экономистов и историков, посвященные развитию туризма на Дальнем Востоке [3–5], использованию рекреационных ресурсов в регионах севера [6; 7] и юга макрорегиона [8–10] в постсоветский период, межрайонных и межрегиональных сопоставлений динамики туризма не проводилось. Остается неясным, происходит ли сдвиг в развитии туризма на восток России и развивается ли туризм на менее освоенных территориях Дальнего Востока более высокими темпами, чем в России в целом. Для ответа на эти вопросы нами была изучена динамика развития индустрии туризма в стране, Дальневосточном макрорегионе и отдельных его регионах в 1995–2022 гг.

Цель данного исследования – установить различия и территориальные сдвиги в развитии туризма на Дальнем Востоке на разных временных отрезках постсоветского периода. Для достижения поставленной цели авторами проведено сравнение динамики туризма внутри Дальневосточного макрорегиона на межрегиональном уровне по оси «север-юг», а также сопоставление макрорегиональных показателей с общероссийским уровнем.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили данные Росстата и Ростуризма [11; 12]. Применялись статистический и сравнительно-географический методы исследований. Использовались следующие показатели, отражающие динамику развития индустрии туризма: вместимость коллективных средств размещения (число мест) и число обслуженных там лиц (или ночевков).

Дальний Восток рассматривается в статье как макрорегион в границах Дальневосточного экономического района (а не федерального округа) и его регионов (субъектов РФ). Территориальные сдвиги определялись по изменению (увеличению или уменьшению) доли (1) макрорегиона в общероссийском показателе и доли (2) севера/юга макрорегиона или отдельного региона в дальневосточном показателе.

Север изучался в границах Чукотского АО, Магаданской области, Камчатского

края, Республики Саха, а юг – остальных регионов Дальнего Востока.

Исследования проведены на разных временных отрезках постсоветского периода: 1995–2000, 2000–2010, 2010–2020 и 2020–2022 гг. Такое деление обусловлено различными социально-экономическими условиями развития сферы туризма в эти периоды.

Результаты исследования и их обсуждение

Восточные регионы РФ обладают потенциалом для развития туризма. Территория Дальнего Востока характеризуется ландшафтным и биологическим разнообразием, наличием природных объектов, включенных ЮНЕСКО в список Всемирного природного наследия, и национальных парков, количество которых значительно выросло в постсоветский период. Имеются здесь и бальнеологические и грязелечебные ресурсы для организации санаторно-курортного лечения. На Чукотке, Камчатке, Сахалине, в Приморье имеются предпосылки для организации международных морских круизов, а в Якутии (по р. Лене) и в Хабаровском крае (по р. Амур) – для речных круизов. Но по сравнению с более обжитыми территориями страны, для востока России характерны более суровые природно-климатические условия, меньшая продолжительность благоприятного для организации туризма периода. Развитие туризма лимитируют сравнительно слабая освоенность территории, удаленность от экономически наиболее развитых и более плотно заселенных районов страны, менее развитая транспортная инфраструктура [13, с. 19; 14].

Тем не менее более плотно заселенный юг по сравнению с севером Дальнего Востока характеризуется относительно большей продолжительностью туристско-рекреационного периода и более благоприятными природными условиями для пешеходного и горного туризма [15, с. 224–225]. Приморский край выделяется лучшими предпосылками из-за наличия Приморской курортной зоны федеральной значимости, объекта всемирного наследия – заповедника «Центральный Сихотэ-Алинь» и высокой доли национальных парков в площади региона. Преимущества регионов юга в отношении развития въездного туризма состоят в наличии автомобильных или смешанных пунктов пропуска пассажиров на границе с Китаем (Амурская область, ЕАО, Хабаровский и Приморский края), а также речного пункта пропуска в Благовещенске.

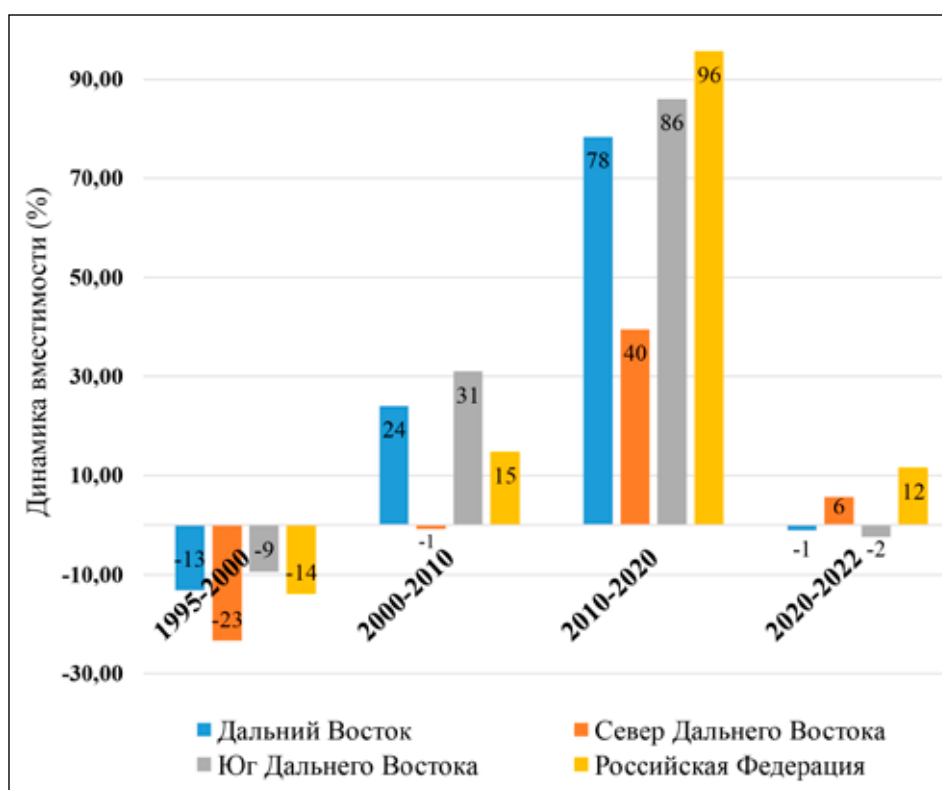
Северные регионы по природным условиям и транспортно-географическим предпосылкам для организации туризма сильно уступают южным. Там отсутствуют курорты федеральной значимости, но имеются объекты, включенные в список всемирного наследия, такие как национальные парки «Ленские столбы» в Якутии и «Беренгия» в Чукотском АО.

Использование имеющегося на Дальнем Востоке рекреационного потенциала зависело от социально-экономической обстановки в стране и различалось на разных временных отрезках.

В 1990-е гг., после распада СССР, изменились социально-экономические и политические условия, повлиявшие на развитие туризма. Произошло резкое снижение платежеспособного спроса населения, отразившееся на потоке внутреннего туризма. Удаленность дальневосточных регионов от европейской части России и удорожание транспортных тарифов одновременно с сокращением доходов населения страны сделали эти территории практически недоступными для туристов из других районов РФ. При этом росла популярность местных

центров отдыха и туризма из-за дороговизны поездок в традиционные места пляжного отдыха на западе страны. Въездной туризм стимулировало падение «железного занавеса» и открытие для иностранцев Владивостока (и ряда погранзон Приморья), Камчатки, Чукотки – с 1992 г. Въездной туризм, особенно из близлежащих стран, таких как Китай, динамично развивался на фоне падения общего рекреационного потока. Однако по материалам, полученным нами на Камчатке [14], там поток въездного туризма в этот период оставался незначительным.

В 1995–2000 гг. для Дальневосточного макрорегиона и всех его регионов, как и в целом для страны, было характерно сокращение вместимости коллективных средств размещения туристов. Спад на востоке незначительно отличался от общероссийских показателей (рисунок), и доля Дальнего Востока в общероссийских показателях в 1995–2000 гг. изменилась незначительно (минимально сократилась). Внутри макрорегиона спад был большим на севере, чем на юге; доля последнего в разы превышала долю первого в макрорегиональном показателе.



Динамика (-/+) вместимости коллективных средств размещения туристов на Дальнем Востоке по сравнению с РФ в 1995–2022 гг., %

Источник: рассчитано авторами по [9, 10]

В отличие от специализированных мест размещения (санаториев, домов отдыха и др.), спад числа мест и ночевки в гостиницах и аналогичных средствах размещения был на Дальнем Востоке меньшим, чем в стране в целом. Такая ситуация объясняется ростом числа мест и ночевки в гостиницах и в аналогичных средствах размещения туристов на юге в приграничных регионах Амурской и Сахалинской областей (только ночевки) и Приморском крае.

В 2000–2010 гг. внутреннему туризму способствовал рост денежных доходов населения, а въездному – активизация сотрудничества регионов с Китаем и другими странами Восточной Азии. При этом въездной туризм сдерживали укрепление рубля, сравнительно слабо развитая инфраструктура, низкое качество услуг при высоких ценах.

По имеющимся статистическим данным за этот временной отрезок можно сравнить вместимость коллективных средств размещения туристов. Так, на Дальнем Востоке в целом она выросла, ее рост опережал общероссийский показатель (рисунок). Рост на юге составил 31%, при минимальном сокращении на севере макрорегиона. Доля Дальнего Востока и его юга в общероссийском показателе увеличилась, а севера – минимально сократилась.

Динамику численности обслуженных лиц в коллективных средствах размещения можно сравнить за 2003–2010 гг. Рост этого показателя на Дальнем Востоке опережал аналогичный в стране. Доля Дальнего Востока в общероссийском показателе увеличилась на менее чем 1 п.п. за счет юга, при этом на севере она почти не изменилась. Наибольшим (свыше 30%) был рост численности обслуженных лиц в южных приграничных регионах Дальнего Востока, таких как Приморский край, Амурская и Сахалинская области. Высокий рост показателя на севере наблюдался только на Камчатке.

В 2010–2020 гг. развитие туризма происходило вначале в условиях роста ВВП на душу населения и затем его снижения с 2014 г., а также ослабления рубля с 2015 г., способствовавшего росту поездок туристов из Китая вплоть до пандемии 2020 г. В это десятилетие федеральными и региональными органами были предприняты и реализованы меры, направленные на поддержку внутреннего и въездного туризма.

Была принята Федеральная целевая программа «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011–2018 годы)» (утв. постановлением Правительства РФ от 2 августа 2011 г. № 644), а так-

же были созданы ТОРы (территории опережающего развития) «Камчатка», «Горный воздух» и «Курилы», где туризм и рекреация отмечены как направления специализации.

За это десятилетие можно проследить динамику индустрии туризма и происходящие в этой отрасли территориальные сдвиги, используя статистику Ростуризма. Но, учитывая специфику «ковидного» 2020 г. (особенно локдаун и ограничения на въезд на территорию РФ иностранных граждан), исследование было продублировано за «альтернативный», равный по продолжительности период (соответственно за 2009–2019 гг., наряду с 2010–2020 гг.).

В 2009–2019 и 2010–2020 гг. отмечался рост числа мест в коллективных средствах размещения (рисунок) и численности размещенных в них граждан. На востоке России он был меньшим, чем в стране в целом; доля Дальнего Востока в общероссийских показателях сократилась. На севере по сравнению с его югом рост был меньшим. Однако по числу обслуженных лиц в 2010–2020 гг. рост там был даже большим; влияние ковидных ограничений было сильнее на юге, что отразилось на численности обслуженных лиц в первый ковидный год.

Наиболее значительные территориальные сдвиги, произошедшие за 2010–2020 гг., – рост доли Хабаровского и Приморского краев на 5 и 6 п.п. соответственно в общем числе мест в средствах размещения и спад на 4 п.п. доли Приморского края по числу обслуженных российских граждан. Последнее было обусловлено более сильным, чем в других регионах, спадом в 2020 г. Юг макрорегиона – Приморский край, с высокой плотностью населения и более развитой инфраструктурой, оставался лидером индустрии туризма. Его доля в макрорегионе по исследуемым двум показателям в 2010 и 2020 гг. колебалась от 35% до немногим более 50%.

На развитие туризма на Дальнем Востоке в 2020–2022 гг. повлияло введение связанных с пандемией COVID-19 ограничений и закрытие в 2020–2021 гг. сухопутной границы с Китаем. При этом спрос на внутренний туризм вырос, в том числе из-за ограниченных возможностей международных поездок. Ограничения повлияли на сокращение вместимости коллективных средств размещения на Дальнем Востоке, хотя в стране в целом она незначительно выросла (рисунок), и на уменьшение доли макрорегиона в общероссийском показателе. В отличие от юга, на севере макрорегиона наблюдался небольшой рост этого показателя, а его доля в РФ не изменилась.

Одновременно наблюдались различия между Магаданской областью на севере с ростом вместимости коллективных средств размещения на более чем 20% и граничащими с Китаем регионами юга, такими как Приморский и Хабаровский края, ЕАО и ЧАО, где произошел спад. Спад составлял от нескольких процентов в Приморье до немногим более 10% в Хабаровском и ЕАО и около 17% на Чукотке. Причиной успеха развития туризма такого отдаленного от центра страны региона, как Магаданская область, стали совместные усилия государства и бизнеса. Были введены новые авиарейсы, включая субсидированные, предприняты меры по продвижению турпродукта на внутренний рынок и развитию событийного туризма; разработаны необычные маршруты на Колыме.

В отличие от спада вместимости коллективных средств размещения, на Дальнем Востоке наблюдался рост численности обслуженных там лиц в 2000–2022 гг. Но в исследуемом макрорегионе он был меньшим, чем в РФ в целом. Доля Дальнего Востока в общероссийском показателе сократилась. Рост на севере превышал показатель юга. Рост произошел во всех регионах, а лидерами оказались Якутия и Приморский край, где он превысил 70%.

Заключение

После распада СССР на востоке РФ, как и в стране в целом, произошел спад в развитии туризма. В первом десятилетии XXI в. подъем был большим, чем в индустрии российского туризма в целом. В 2010–2020/2009–2019 гг. рост числа мест в коллективных средствах размещения и численности обслуженных там лиц на Дальнем Востоке был меньшим, чем по стране в целом. А в 2020–2022 гг. произошел спад в числе мест при небольшом росте в РФ и меньший, чем в стране, рост числа обслуженных лиц.

Сокращение доли Дальнего Востока в общероссийских показателях на всех временных отрезках, за исключением 2000–2010 гг., свидетельствует о том, что в постсоветский период в России «сдвига на восток» в развитии туризма не произошло. Несмотря на имеющийся рекреационный потенциал и государственную поддержку индустрии туризма, способствующих росту туристского потока, природно-климатические ограничения в регионе, низкий уровень развития инфраструктуры, удаленность от наиболее развитых западных регионов страны и иные неблагоприятные факторы не по-

зволили Дальнему Востоку увеличить долю в общероссийских показателях.

Внутри макрорегиона очевидного сдвига на север в постсоветский период не наблюдалось. Но на последнем временном отрезке там наблюдался больший, чем на юге, рост обслуженных лиц и увеличение числа мест в коллективных средствах размещения при их спаде в южной части Дальневосточного района. Регионы юга Дальнего Востока, особенно Приморский край, более плотно заселенные и с более развитой инфраструктурой, с относительно благоприятными природными и социально-экономическими предпосылками для развития туризма, сохраняли лидерство на протяжении всего постсоветского периода.

Список литературы

1. Савченко А.Е., Зуенко И.Ю. Движущие силы российского поворота на Восток // Сравнительная политика. 2020. № 1. С. 111–125.
2. Трейвиш А.И., Литвиненко Т.В. Восточная Россия: уточнение понятия и некоторые особенности современного развития // Региональные исследования. 2014. № 3 (45). С. 51–57.
3. Давыборец Е.Н., Радиков И.В. Перспективы развития туризма на Дальнем Востоке России // Вестник Забайкальского государственного университета. 2023. Т. 29, № 2. С. 205–211. DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-2-205-211.
4. Куманева И.П. Развитие туристской отрасли на Дальнем Востоке России: 1991–2014 гг.: дис. ... канд. ист. наук. Дальневост. федер. ун-т. Владивосток, 2017. 245 с.
5. Лехтянская Л.В., Римская Т.Г. Туризм – одно из приоритетных направлений экономического развития Дальнего Востока // Карельский научный журнал. 2019. Т. 8, № 2 (27). С. 126–130. DOI: 10.26140/knz4-2019-0802-0033.
6. Лозовская С.А. Проблемы и перспективы развития приморского туризма на Чукотке // Московский экономический журнал. 2022. № 7. URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-7-2022-22> (дата обращения: 26.07.2023).
7. Тотонова Е.Е. Туризм на Севере Республики Саха (Якутия): опыт географического моделирования. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2016. 188 с.
8. Крылов П.М. Рекреация и туризм в Сахалинской области: проблемы и перспективы развития с позиций территориального планирования // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2021. Т. 2, № 3 (48). С. 33–44.
9. Фетисов Д.М., Ивакаев О.Ф., Юркин М.О., Лошилов К.С. Туристское зонирование Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 4. С. 54–66.
10. Lim E.Kh., Komeeva I.V. Tourism as a factor of sustainable development and advancement in intercultural dialogue in Sakhalin Region // International Research Journal. 2021. № 3–1 (105). DOI: 10.23670/IRJ.2021.105.3.021.
11. Туризм и туристские ресурсы в России 2004. Стат. сб. / Росстат. М., 2004. 267 с.
12. Статистика // Федеральное агентство по туризму. [Электронный ресурс]. URL: <https://tourism.gov.ru/other/statistika/?ysclid=lm9174c29s57496997> (дата обращения: 28.08.2023).
13. Крылов П.М. Типологии региональных транспортных систем России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Институт географии Российской академии наук. Москва, 2007. 23 с.
14. Ханташкеева Т.В. Проблемы развития экотуризма в регионах Азиатской России // Туризм и региональное развитие: сб. науч. тр. Вып. 3. Смоленск, 2004. С. 585–591.
15. Оценка природных условий для туризма // Национальный атлас России: в 4 т. Т. 3. Население. Экономика. М.: Роскартография, 2008. С. 224–225.

УДК 502:[574.9+379.85]
DOI 10.17513/use.38113

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ЗАКАЗНИКА «ЛИФЛЯНДСКИЙ» В АЛТАЙСКОМ КРАЕ: ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

^{1,2}Селезнева Е.В., ²Ротанова И.Н.

¹Барнаулская городская станция юных натуралистов, Барнаул, e-mail: zaklenchuk_e_v@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Барнаул, e-mail: rotanova@mail.asu.ru

В статье проанализированы правовое обоснование и научно-практические подходы к выделению функциональных зон особо охраняемых природных территорий применительно к национальным и природным паркам, а также к российским заказникам. Проанализированы рекомендации Международного союза охраны природы по вопросам функционального зонирования заповедных территорий. Рассмотрено российское региональное законодательство, посвященное природоохранным территориям, определяющее заказники как территории для организации регулируемого эколого-познавательного туризма. Приведены основные принципы и предложена концепция функционального зонирования заказников, основанная на ландшафтном подходе. Выполнено функциональное зонирование территории государственного комплексного природного заказника «Лифляндский» в Алтайском крае. Зонирование учитывает, что деятельность заказника основана на сохранении и восстановлении уникальных ландшафтов, свойственных предгорным равнинам Северо-Западного Алтая, которые являются крупнейшими и ценнейшими, сохранившимися в настоящее время фрагментами степей предгорий Алтая – ключевым степным регионом международного уровня. Кроме того, территория заказника входит в одну из систем ключевых орнитологических территорий России международного значения. При зонировании заказника были определены следующие зоны: особо охраняемая, рекреационная, охраны объектов культурного наследия, традиционного хозяйственного использования. Выделение функциональных зон позволит регламентировать хозяйственную деятельность в пределах территории заказника, будет являться инструментом охраны особо ценных природных комплексов и объектов, расположенных в пределах заповедных территорий, а также создаст возможность развития туристско-рекреационной деятельности с природоохранным императивом.

Ключевые слова: функциональная зона, особо охраняемые природные территории, заповедник, национальный парк, природный парк, заказник, заказник «Лифляндский»

FUNCTIONAL ZONING OF THE RESERVE «LIFLYANDSKY» IN THE ALTAI KRAI: LEGAL SUPPORT AND SCIENTIFIC AND PRACTICAL APPROACHES

^{1,2}Selezneva E.V., ²Rotanova I.N.

¹Barnaul City Station of Young Naturalists, Barnaul, e-mail: zaklenchuk_e_v@mail.ru;

²Altai State University, Barnaul, e-mail: rotanova@mail.asu.ru

The article analyzes the legal justification and scientific and practical approaches to the allocation of functional zones in specially protected natural areas in relation to national and natural parks, as well as to Russian nature reserves. The recommendations of the International Union for Conservation of Nature on the functional zoning of protected areas are analyzed. The article considers the Russian regional legislation on protected areas, which defines nature reserves as territories for the organization of regulated ecological and educational tourism. The basic principles are given and the concept of functional zoning of nature reserves based on the landscape approach is proposed. Functional zoning of the territory of the state integrated nature reserve “Liflyandsky” in the Altai Krai has been carried out. Zoning takes into account that the activity of the reserve is based on the preservation and restoration of unique landscapes characteristic of the foothill plains of the Northwestern Altai, which are the largest and most valuable fragments of the steppes of the foothills of the Rudny Altai – a key steppe region of the international level. In addition, the territory of the reserve is included in one of the systems of key ornithological territories of Russia of international importance. When zoning the reserve, the following zones were identified: specially protected, recreational, protection of cultural heritage objects, traditional economic use. The allocation of functional zones will allow you to regulate your own economic activities within the territory of the reserve, will be an instrument for the protection of especially valuable natural complexes and objects located within the protected areas, and will also create an opportunity for the development of tourist and recreational activities with an environmental imperative.

Keywords: functional zone, specially protected natural territories, nature reserve, national park, nature park, nature reserve, Liflyandsky Nature Reserve

Функциональное зонирование относится к инструментам управления территориями, а также ресурсами, так как позволяет установить оптимальное соотношение их использования и/или мер охраны. Под

функциональным зонированием особо охраняемой природной территории (ООПТ) понимается разделение ее на участки с различным назначением и соответствующими ему режимами использования. Среди

критериев зонирования ООПТ выделяется природоохранная и историко-культурная ценность, туристско-рекреационный потенциал и возможности его использования, социально-экономические и инвестиционные условия территории и др. Проведение функционального зонирования природоохранных территорий регламентируется в соответствии с законодательными документами – положениями об ООПТ, правилами формирования охранных зон и определения их границ для различных категорий ООПТ, установлением режима охраны и использования земельных участков и водных объектов в границах выделенных зон. Для функционального зонирования российских ООПТ законодательно определены территории национальных и природных парков, в пределах которых возможна организация туристско-рекреационной деятельности, не противоречащая целям их создания [1; 2, с. 46–72; 3].

Отсутствие единых требований и подходов к функциональному зонированию заказников является одной из важных проблем, хотя при их организации могут предусматриваться зоны особой охраны, хозяйственная и традиционного природопользования. Для заказников, как правило, установлен заказной режим охраны, обеспечивающий частичное или временное изъятие их из хозяйственного природопользования. Подобный режим охраны применяется для территорий, где объектом охраны является не весь природный комплекс, а лишь отдельные его компоненты (например, редкие или сокращающиеся численность охотничьи животные, виды растительных ценозов, уникальные природные экосистемы и т.п.). Однако заказники нередко служат территориями для развития эколого-познавательного туризма, что законодательно не в полной мере отражено в нормативно-правовых документах при создании и функционировании данной категории ООПТ [1; 4; 5].

Цель исследования – функциональное зонирование территории заказника «Лифляндский» для решения основных природоохранных задач, заключающихся в создании благоприятных условий для сохранения природной экосистемы долины верхнего течения р. Алей; сохранения мест естественного обитания птиц, животных и растений водноболотного и степного ландшафтных комплексов; охраны пролетных птиц в миграционные периоды, а также поддержания благоприятной окружающей среды для человека и развития туристско-рекреационной дея-

тельности с позиции правового обеспечения и включения функциональных зон в общий режим охраны и использования заказника.

Материалы и методы исследования

В ходе проведения функционального зонирования применялся комплекс рекреационно-географических и эколого-географических методов [6; 7]. Для правового обоснования развития туризма были рассмотрены рекомендации Международного союза охраны природы (МСОП) [8], а также выполнен анализ российского законодательства, посвященного ООПТ (табл. 1).

Анализ нормативно-правовых документов, посвященных ООПТ, показывает возможность организации в заказниках регулируемого эколого-познавательного туризма, а также создание на их территории соответствующих функциональных зон.

Для общего режима охраны и использования заказников как ООПТ регионального уровня разработаны региональные законодательные документы. Применительно к Алтайскому краю на территории заказников определены как допустимые, так и находящиеся под запретом виды деятельности. Не разрешаются любые виды хозяйственной деятельности, в том числе рекреационное и иное природопользование, препятствующие сохранению и восстановлению природных компонентов и экологических систем. Использование территории заказника в рекреационных целях допускается в специально отведенных местах и регламентируется действующим законодательством; так, к примеру, организованный туризм (эколого-познавательный) осуществляется только по соответствующему разрешению уполномоченного органа исполнительной власти Алтайского края, в ведении которого находится заказник [11]. В настоящее время существуют примеры выделения функциональных зон для конкретных заказников с учетом их природоохранно-туристических возможностей. Количество подобных ООПТ возрастает в последние годы, некоторые примеры отражены в табл. 2.

Приведенные примеры отражают, с одной стороны, разнообразие функциональных зон, с другой стороны, можно отметить определенные общие подходы к выделению зон. Однако в настоящее время не разработаны единые научно обоснованные правила к функциональному зонированию территории заказников, тем более направленные на организацию туристско-рекреационной деятельности.

Таблица 1

Нормативное обоснование для развития туризма в заказниках

Документы	Категории заказников	Определение	Использование заказника для развития туризма
Международная классификация ООПТ МСОП [8]	Управляемые местообитания редких видов (видовые заказники)	Охраняемые природные территории, управление которыми направлено главным образом на сохранение отдельных биологических видов	Туризм и рекреация – потенциально возможная цель
	Охраняемые ландшафты/морские акватории	Охраняемые природные территории, предназначенные для сохранения естественных ландшафтов/морских акваторий	Туризм и рекреация, охрана природных и культурных достопримечательностей – основные цели
Российская Федерация, Алтайский край [1; 9; 10]	Государственный природный заказник	Территории (акватории), имеющие особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса	Режим особой охраны конкретного государственного природного заказника определяется органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Допускается рекреационное использование территории заказника в специально отведенных местах в соответствии с действующим законодательством; организованный экотуризм – по согласованию с уполномоченным органом исполнительной власти края, в ведении которого находится заказник

Таблица 2

Возможности функционального зонирования заказников России

Особо охраняемые природные территории	Регионы	Функциональные зоны
Государственный природный комплексный заказник регионального значения «Белый камень» [12]	Ленинградская область	– особо ценных природных комплексов и объектов; – экстенсивного природопользования
Государственный природный комплексный заказник регионального значения «Котельский» [13]	Ленинградская область	– особо ценных природных комплексов и объектов; – интенсивного природопользования; – рекреационного назначения; – экстенсивного природопользования
Государственный природный комплексный заказник регионального значения «Лотос» [14]	Краснодарский край	– особо охраняемая; – интенсивного природопользования
Государственный природный зоологический заказник регионального значения «Псебайский» [15]	Краснодарский край	– особо охраняемая; – познавательного туризма; – экстенсивного природопользования; – интенсивного природопользования
Государственный природный заказник регионального значения «Томский» [16]	Томская область	– заповедная; – рекреационная; – научно-исследовательская; – историко-культурная; – ограниченного хозяйственного использования
Государственный природный заказник регионального значения «Кискачинский» [17]	Республика Хакасия	– особой охраны; – традиционного природопользования – допускается осуществление рекреационной деятельности
Государственный природный комплексный заказник регионального значения «Олений перевал» [18]		

Окончание табл. 2

Особо охраняемые природные территории	Регионы	Функциональные зоны
Государственные природные комплексные заказники регионального значения «Волчихинский» [19], «Егорьевский» [20]	Алтайский край	– особой охраны; – покоя; – умеренной лесохозяйственной деятельности, включающая остальную часть территории заказника
Государственные природные комплексные заказники регионального значения «Касмалинский» [21], «Кислухинский» [22], «Мамонтовский» [23]	Алтайский край	– особой охраны
Государственный природный комплексный заказник регионального значения «Панкрушихинский» [24]	Алтайский край	– особой охраны; – рекреационная; – умеренной лесохозяйственной деятельности; – агрохозяйственная (традиционного природопользования)
Государственный природный комплексный заказник регионального значения «Озеро Большой Тассор» [25]	Алтайский край	– строгой охраны; – охраны степных, кустарниковых и галофитных сообществ; – проведение эколого-просветительских мероприятий и кратковременного отдыха населения
Государственный природный комплексный заказник регионального значения «Урочище Рублево» [26]	Алтайский край	– особой охраны; – умеренной лесохозяйственной деятельности; – охраны птиц

При зонировании заказников применяются разные подходы. Но стоит отметить общую идеологию, которая была разработана для национальных парков и положена в основу общей схемы при организации туристско-рекреационной деятельности на ООПТ. Она разработана экспертами МСОП и носит рекомендательный характер [8]. В соответствии с этими рекомендациями для ООПТ с рекреационными функциями должны быть включены следующие зоны:

- *строгой охраны* (запрещена любая хозяйственная, в том числе и туристско-рекреационная деятельность);
- *восстановления* (любая деятельность ограничивается требованиями природоохранных целей);
- *рекреационная* (развитие рекреационной деятельности);
- *хозяйственного использования*.

Для выделения функциональных зон на ООПТ выполняется комплексная оценка условий и факторов, которая учитывает многообразие природных геосистем, биологическое разнообразие, наличие историко-культурных объектов с анализом современного их состояния и тенденций возможных изменений. Все чаще применяется ландшафтный подход, т.е. составляется или используется общенаучная ландшафтная

карта. При этом границы функциональных зон в целом соответствуют морфологической структуре ландшафтов.

В ходе исследований и комплексной оценки территории заказников помимо ландшафтной карты составляются и анализируются и другие тематические карты, в их числе:

- особо ценных природоохранных участков;
- ареалов редких, исчезающих и охраняемых видов флоры и фауны;
- памятников природы;
- современного освоения территории;
- анализа рекреационных условий (климата, минеральных вод и др.) и ресурсов;
- рекреационного потенциала;
- объектов историко-культурного наследия;
- развития туристско-рекреационной деятельности;
- устойчивости ландшафтов к допустимым рекреационным нагрузкам;
- оценки аттрактивности (эстетической привлекательности, живописности) территории;
- факторов, ограничивающих развитие рекреационной деятельности;
- нарушенности ландшафтов в результате хозяйственной деятельности;
- оценки экологической ситуации и др.

При определенном конкретном случае могут быть составлены и другие виды географических карт. Итоговым документом служит карта-схема «Комплексная оценка территории». Она является основой для выделения функциональных зон и содержит участки территорий, которые являются наиболее ценными в экологическом, научном и рекреационном отношении, а также конфликтные зоны.

Результаты исследования и их обсуждение

Государственными природными заказниками являются территории (акватории), имеющие особое значение для сохранения и/или восстановления природных комплексов, а также их компонентов и поддержания экологического баланса [9]. Первые заказники в СССР были организованы в целях сохранения и восстановления численности охотничьих животных и интродукции истребленных видов. Большая часть существующих в настоящее время заказников была организована в 1960–1970-х гг. Затем в 1980–1990-е гг. уже существующие и вновь организуемые заказники стали переводить в особую категорию – комплексных – с целью сохранения целостности экосистем, включающих сообщества растительного и животного мира. Функционирующие ныне заказники представляют наиболее многочисленную категорию российских ООПТ и составляют основу многих региональных сетей ООПТ. Для данных территорий характерен факт постоянного или временного запрета или ограничения на любую деятельность, если она противоречит целям создания заказников или наносит вред природным комплексам и их компонентам [9].

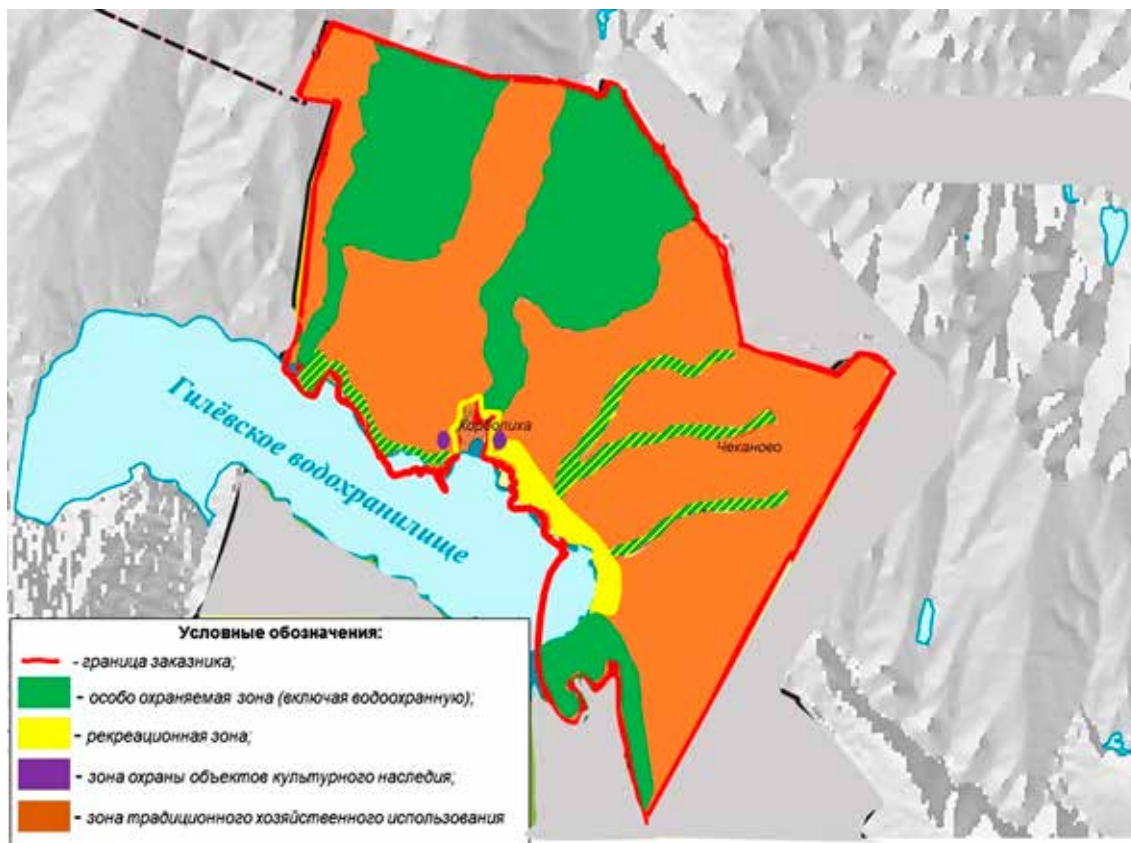
Рассмотрены научно обоснованные принципы и подходы выделения функциональных зон применительно к природному комплексному заказнику регионального значения «Лифляндский», который расположен в подзоне умеренно засушливой степи на юге Алтайского края. Заказник был организован в 2003 г. как водно-степной, комплексный. В цели и задачи заказника входит: сохранение и воспроизводство комплекса животных, птиц и растительных ценозов части долины реки Алей и Гилевского водохранилища, пополнение смежных охотугодий промысловыми видами животных (естественное расселение), охрана пролетных птиц в миграционные периоды, охрана местообитаний охотничье-промысловых животных, редких и находящихся под угро-

зой исчезновения видов животных и растений, обеспечение благоприятных экологических условий для жизнедеятельности населения [27].

Сочетание географического местоположения в районе сочленения Западно-Сибирской равнины и предгорий Северо-Западного Алтая обусловлено особенностями ландшафтной структуры территории заказника. Основным гидрологическим объектом служит Гилевское водохранилище на р. Алей площадью около 50 км², построенное в 1980-х гг. Ландшафтная структура заказника представлена зональными природными комплексами, которые включают пологоувалистые предгорные равнины с редким долинным расчленением, с богаторазнотравно-типчаково-ковыльными степями и полынно-злаковыми остепненными лугами; мелкосопочные предгорные равнины с выходами коренных пород, петрофитно-разнотравно-овсецово-ковыльными степями; наклонные среднерасчлененные предгорные равнины с богаторазнотравно-типчаково-ковыльными степями [28].

Для интразональных ландшафтов, которые связаны с водными объектами, в частности Гилевским водохранилищем, характерны низкие надпойменные террасы, слабоволнистые с богаторазнотравно-типчаково-тырсовыми степями и галофитными разнотравно-злаковыми и остепненными лугами и зарослями кустарников; долины средних, малых рек и ручьев с хорошо разработанными днищами с разнотравно-осоково-злаковыми лугами, иногда с ивняками и ивово-тополевыми.

В основу выделения функциональных зон на территории заказника положен анализ объектов природоохранно-туристского потенциала с применением эколого-ландшафтного подхода. Была применена схема зонирования с выделением следующих зон: *особо охраняемая, рекреационная, охраны объектов культурного наследия и традиционного хозяйственного использования* [29]. При выделении функциональных зон заказник был рассмотрен с позиции *природоохранного учреждения с определенным типом рекреационного использования*, а именно, ориентированного на развитие водного, прибрежного и эколого-познавательного туризма. В данном случае важная задача – ограничение интенсивной и массовой туристско-рекреационной деятельности или территориальная ее локализация вдали от ценных охраняемых и уязвимых природных объектов.



Функциональное зонирование заказника «Лифляндский»

Составлена карта-схема функционального зонирования заказника «Лифляндский» (рисунок).

В *особо охраняемую зону*, представленную расположенными особо ценными для региона и заказника природными объектами, включены:

1. Головушкины сопки и сопки по берегу Гилевского водохранилища западнее с. Корболиха с петрофитными настоящими степями, среди которых доминируют петрофитноразнотравно-овсецово-залесскоковыльные (*Stipa zalesskii*, *Helictotrichon desertorum*, *Onosma simplicissima*, *Goniolimon speciosum*, *Orostachys spinosa*).

2. Лифляндские сопки с лугово-степной, луговой, лугово-кустарниковой и древесной (березняки и осинники) растительностью, служащие местами произрастания краснокнижных растений и распространения типичных и редких растительных сообществ. Большое значение имеют низкогорные лесостепные локусы, сокращающие свои площади в процессе хозяйственного освоения, и луговые степи, которые характеризуются наибольшей измененностью среди степей Евразии и требуют первоочередной охраны.

3. Долины малых рек Березовка, Корболиха, Харьковка, ручьев Щучий и Сухой Лог, балки, в которых распространены пойменные ветловые леса, а также осокорники предгорностепные, небольшие участки березовых лесов, ивняков и степных кустарников.

4. Мелководная восточная часть Гилевского водохранилища в районе впадения р. Алей, которая используется перелетными птицами для весенних и осенних миграций [8].

В *особо охраняемую зону* по берегу Гилевского водохранилища и долинам рек включена водоохранная зона с экологоприемлемым режимом рекреации.

Среди ценных объектов на территории заказника «Лифляндский» учитываются также местообитания редких и исчезающих видов флоры и фауны [30, 31].

Рекреационная зона представлена территорией, благоприятной для развития таких видов туризма, как научный, эколого-познавательный, рекреационно-оздоровительный, спортивный, водный, прибрежный, детско-юношеский, семейный и сельский. Для заказника характерен высокий

потенциал развития эколого-просветительской и рекреационной деятельности. Предгорно-низкогорные районы традиционно считаются удобными для кратковременного отдыха и отдыха выходного дня. В зависимости от сезона года низкогорья располагают условиями для промыслового туризма, семейного сельского отдыха с экскурсионным обслуживанием. Кроме того, условия рельефа позволяют развивать здесь сеть детских оздоровительных учреждений с организацией некатегорийных пеших и лыжных маршрутов. Рекреационные возможности заказника существенно увеличивает наличие значительного по площади водоема со слабопроточной хорошо прогреваемой водой. Практически все побережье подходит для организации промыслового отдыха. Часть побережья от впадения р. Березовки до границы с Локтевским районом располагает значительными ресурсами для пляжного отдыха. Данная территория имеет значительные возможности для научно-исследовательского и познавательного туризма. Ее основой являются многочисленные памятники истории и археологии, которые расположены как непосредственно в заказнике, так и на сопредельных с ним пространствах.

Зона охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) представлена наиболее значимыми историко-культурными объектами, находящимися в границах заказника – памятниками археологии, в основном грунтовыми и курганными могильниками, расположенными в окрестностях села Корболиха.

Зона традиционного хозяйственного использования состоит из селитебных территорий и земель сельскохозяйственного назначения, которые входят в территорию заказника. На данной территории допустимо традиционное природопользование местного населения.

Заключение

Лифляндский заказник выполняет биосферную функцию, способствуя сохранению серии типичных и уникальных природных комплексов предгорных равнин Северо-Западного Алтая. Его важность заключена в том, что Лифляндские сопки входят в состав 15 крупнейших и ценнейших сохранившихся фрагментов степей предгорий Рудного Алтая – одного из ключевых степных регионов международного уровня, а ряд растительных сообществ территории включен в Зеленую книгу Сибири. Важным фактором является то, что территория за-

казника вошла в систему ключевых орнитологических территорий России (КОТР) международного значения.

В 2017–2018 гг. были проведены исследования по расширению территории заказника. Были обоснованы новые границы заказника, предложены изменения в Положение о заказнике «Лифляндский», выполнен анализ рекреационно-ресурсного потенциала для развития эколого-познавательного туризма. Предложенное функциональное зонирование территории заказника будет регламентировать его собственную хозяйственную деятельность, а также является важным инструментом охраны биоразнообразия на юге Алтайского края, в зоне сочленения Западно-Сибирской равнины и предгорий Алтая.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 19.02.2015 № 138 «Об утверждении Правил создания охранных зон отдельных категорий особо охраняемых природных территорий, установления их границ, определения режима охраны и использования земельных участков и водных объектов в границах таких зон» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70873384/> (дата обращения: 15.06.2023).
2. Иванов А.Н., Чижова В.П. Охраняемые природные территории. М.: Изд-во МГУ, 2003. 119 с.
3. Чижова В.П. Методика зонирования национальных парков // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2006. № 3 (16). С. 105–123.
4. Селезнева Е.В., Ротанова И.Н. Подходы к функциональному зонированию заказников на примере регионального комплексного заказника «Чинетинский» // Географические исследования Сибири и Алтае-Саянского трансграничного региона: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения В.С. Ревякина. Барнаул: АлтГУ, 2021. С. 465–476.
5. Вишняков Н.В., Холоденко А.В. Функциональное зонирование территории как основа туристско-рекреационного проектирования // Вестник Национальной академии туризма. 2016. № 2 (38). С. 34–37.
6. Щербина А.Д., Цораева Э.Н. Функциональное зонирование особо охраняемых природных территорий регионального значения // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 170 (06). С. 282–290.
7. Прудникова Н.Г. Подходы к оценке территории для рекреационной деятельности // География и туризм: сборник научных трудов. Пермь: Изд-во Пермского гос. ун-та, 2006. С. 184–203.
8. Декларация, План действий, Рекомендации / IV-й Всемирный конгресс по национальным паркам и охраняемым территориям (Венесуэла, Каракас, 10–21 февраля 1992 г.). М., 1994. 73 с.
9. Федеральный закон РФ «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 № 33-ФЗ (с изменениями и дополнениями на 15.01.2018) [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/10107990/#ixzz5Tv5a1XUw> (дата обращения: 10.06.2023).
10. Закон Алтайского края от 18.12.1996 № 60-ЗС «Об особо охраняемых природных территориях в Алтайском крае» (с изменениями на 03.05.2017) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/940102991> (дата обращения: 10.06.2023).

11. Постановление Администрации Алтайского края от 26.06.2007 № 278 «Об утверждении положений о государственных природных комплексных заказниках краевого значения» (с изменениями на 17.07.2018) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/819039580> (дата обращения: 10.06.2023).
12. Постановление Правительства Ленинградской области от 05.07.2011 № 200 «Об утверждении положения о государственном природном комплексном заказнике “Белый камень” и внесении изменений в постановление правительства Ленинградской области от 26.12.1996 № 494 “О приведении в соответствие с новым природоохранным законодательством Российской Федерации существующей сети особо охраняемых природных территорий Ленинградской области”» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/891853427> (дата обращения: 10.06.2023).
13. Постановление Правительства Ленинградской области от 13.05.2011 № 134 «Об утверждении Положения о государственном природном комплексном заказнике “Жо-гельский” и внесении изменения в постановление Правительства Ленинградской области от 26.12.1996 № 494 “О приведении в соответствие с новым природоохранным законодательством Российской Федерации существующей сети особо охраняемых природных территорий Ленинградской области”» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/891850555> (дата обращения: 10.06.2023).
14. Постановление Главы администрации (Губернатора) Краснодарского края от 30.08.2018 № 540 «О государственном природном комплексном заказнике регионального значения “Лотос”» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/551032077> (дата обращения: 10.06.2023).
15. Постановление Главы администрации (Губернатора) Краснодарского края от 21.12.2017 № 1011 «О государственном природном зоологическом заказнике регионального значения “Псебайский”» (с изменениями) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/556099753> (дата обращения: 15.06.2023).
16. Постановление администрации Томской области от 19.10.2016 № 335а «Об утверждении Положения о государственном зоологическом заказнике областного значения “Томский”» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/7000201610210003> (дата обращения: 15.06.2023).
17. Постановление Правительства Республики Хакасия от 10.12.2010 № 659 «Об образовании особо охраняемой природной территории – государственного зоологического заказника регионального значения “Кискачинский”» [Электронный ресурс]. URL: <http://oort.aari.ru/oort/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9> (дата обращения: 15.06.2023).
18. Постановление Правительства Республики Хакасия от 20.11.2015 № 611 «Об образовании особо охраняемой природной территории регионального значения – государственного природного заказника “Олений перевал”» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1900201511260002> (дата обращения: 15.06.2023).
19. Постановление Правительства Алтайского края от 26.01.2023 № 20 «О внесении изменений в постановление Администрации Алтайского края от 05.02.2008 № 51» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/2200202301270003> (дата обращения: 10.06.2023).
20. Постановление Правительства Алтайского края от 22.02.2022 № 51 «О внесении изменений в некоторые постановления Администрации Алтайского края» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/2200202202240005> (дата обращения: 10.06.2023).
21. Постановление Правительства Алтайского края от 24.08.2017 № 316 «О внесении изменения в постановление Администрации края от 26.06.2007 № 278, от 06.05.2014 № 220» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/2200201708280002> (дата обращения: 12.06.2023).
22. Постановление Правительства Алтайского края от 06.10.2020 № 433 «О внесении изменений в постановления Администрации края от 26.06.2007 № 278» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2200202010090001> (дата обращения: 12.06.2023).
23. Постановление Правительства Алтайского края от 20.06.2019 № 228 «О внесении изменений в постановления Администрации края от 26.06.2007 № 278» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2200201906210002?index=1> (дата обращения: 12.06.2023).
24. Постановление Правительства Алтайского края от 31.12.2013 № 717 «О внесении изменений в постановления Администрации Алтайского края от 26.06.2007 № 278» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/460230636> (дата обращения: 12.06.2023).
25. Постановление Правительства Алтайского края от 07.09.2020 № 386 «О внесении изменений в постановления Администрации Алтайского края от 15.10.2015 № 398» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/570924981> (дата обращения: 12.06.2023).
26. Постановление Правительства Алтайского края от 07.09.2021 № 330 «О внесении изменений в постановление Правительства Алтайского края от 07.12.2017 № 439» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2200202109070006> (дата обращения: 12.06.2023).
27. Постановление Администрации Алтайского края от 26.06.2007 № 278 «Об утверждении положений о государственных природных комплексных заказниках краевого значения» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/819039580> (дата обращения: 14.06.2023).
28. Цимбалей Ю.М., Винокуров Ю.И. и др. Ландшафтная карта Алтайского края. Барнаул: Институт водных и экологических проблем СО РАН, 2016.
29. Селезнева Е.В., Ротанова И.Н. Геоэкологическое обоснование трансграничной природоохранно-туристской территории в Западном Алтае // География и природопользование Сибири: сборник статей / Под ред. проф. Г.Я. Барышникова. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2022. Вып. 30. С. 128–138.
30. Ключевые ботанические территории Алтае-Саянского экорегиона: опыт выделения / И.А. Артемов, А.Ю. Королук, Н.Н. Лашинский и др.; под общ. ред. И.Э. Селянского и Г.А. Пронькиной. Новосибирск: Гео, 2009. 260 с.
31. Ключевые орнитологические территории России. Том 2. Ключевые орнитологические территории международного значения в Западной Сибири / Под общ. ред. С.А. Букрева. М.: Союз охраны птиц России, 2006. 336 с.

УДК 551.588.74
DOI 10.17513/use.38114

ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В КОНТЕКСТЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Стожко Н.Ю., Калугина И.Ю.

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

Цель исследования заключается в обосновании растущего в последние годы влияния химического загрязнения окружающей среды на процессы глобального изменения климата. Объектом исследования является глобальное изменение климата как одно из проявлений современного экологического кризиса. Предметом исследования выступают взаимосвязи между глобальным изменением климата и динамикой химического загрязнения окружающей среды (в первую очередь атмосферы). В работе показана возрастающая роль антропогенного фактора в развитии глобального изменения климата, динамика которого в значительной степени зависит не от экзогенных причин, а является результатом химического загрязнения, допущенного в процессе хозяйственной деятельности человека. Сделан вывод о необходимости сертифицировать и широко внедрять в практику современные методы анализа состояния окружающей среды. Показана важность применения новейших химических технологий для прогнозирования и регулирования процесса глобального изменения климата. Проанализированы отдельные климатические концепции и результаты экспериментальных исследований в области мониторинга состояния атмосферы, тропосферы, климата. Рассмотрена целесообразность разработки государственной системы контроля климатически активных веществ и сценариев декарбонизации экономики и энергетических систем. Обоснована необходимость корректировки имеющейся нормативно-правовой базы, с учетом вызова времени и уровня остроты проблемы. Сформулированы конкретные рекомендации в области совершенствования экологической и климатической политики, показана актуальность и необходимость формирования нового экологического правосознания.

Ключевые слова: атмосфера, гидросфера, глобальное изменение климата, окружающая среда, химическое загрязнение, химическая безопасность, экологический кризис

GLOBAL CLIMATE CHANGE IN THE CONTEXT OF CHEMICAL POLLUTION OF THE ENVIRONMENT

Stozhko N.Yu., Kalugina I.Yu.

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

The purpose of the study is to substantiate the growing influence of chemical environmental pollution on the development of global climate change processes in recent years. The object of the study is global climate change as one of the manifestations of the modern environmental crisis. The subject of the study is the relationship between global climate change and the dynamics of chemical pollution of the environment (primarily the atmosphere). The work shows the increasing role of the anthropogenic factor in the development of global climate change, the dynamics of which largely depend not on exogenous causes, but are the result of chemical pollution caused by human economic activity. It is concluded that it is necessary to certify and widely introduce modern methods of analyzing the state of the environment into practice. The importance of using the latest chemical technologies for predicting and regulating the process of global climate change is shown. Separate climate concepts and results of experimental studies in the field of monitoring the state of the atmosphere, troposphere, and climate are analyzed. The feasibility of developing a state system for monitoring climate-active substances and scenarios for decarbonization of the economy and energy systems is considered. The need to adjust the existing regulatory framework is substantiated, taking into account the challenges of the time and the level of severity of the problem. Specific recommendations in the field of improving environmental and climate policy are formulated, the relevance and need for the formation of a new environmental legal consciousness is shown.

Keywords: atmosphere, hydrosphere, global climate change, environment, chemical pollution, chemical safety, environmental crisis

В настоящее время одной из наиболее актуальных в обсуждении тем стала проблема глобального изменения климата. В 2020 г. закончился срок действия Киотского протокола, и новый этап исследования проблемы связан с решениями Парижской конференции по климату (12.12.2015). Однако принятые на этой конференции решения носят лишь рекомендательный характер, что привело к постепенному внедрению практики

предоставления квот на выброс CO₂ в атмосферу. В рамках климатической программы «Fitfor 55 in 2030» Евросоюз принял решение о сокращении продажи сертификатов на такие выбросы. К 2034 г. планируется отказаться от них и сократить объем выбросов углекислого газа на 62% по сравнению с 2025 г. [1, с. 1]. Рост масштабов развития химической промышленности в качестве одного из триггеров негативного сценария

развития показал, что переход к «зеленой экономике» и чистой экологии в обозримом будущем маловероятен.

Дискуссии по глобальному изменению климата продолжаются. В настоящее время существует как минимум три подхода к пониманию данной проблемы. Первый подход связан с утверждениями о неизбежном глобальном потеплении, которое, по разным прогнозам, составит порядка 3°C за XXI в. [2, с. 351]. Прогнозируемые последствия такого повышения температуры включают: увеличение среднего уровня Мирового океана на 9–88 см, вероятность наводнений, рост осадков в Юго-Восточной Азии и уменьшение их в Центральной Азии, Африке, Средиземноморском регионе, Австралии, Новой Зеландии. Повысится вероятность засух, частоты и силы экстремальных климатических событий, таких как бури и ураганы, возрастет распространение некоторых трансмиссивных болезней, таких как малярия, произойдет потепление Антарктики и Арктики, что приведет к еще большему таянию морских льдов. Глобальное потепление в рамках первого подхода объясняется выбросами парниковых газов в атмосферу, которые создают так называемый «парниковый эффект», способствующий увеличению температуры на поверхности Земли [3].

Аргументы для тезиса о глобальном потеплении строятся на том, что «парниковый эффект» связан с человеческой деятельностью и может иметь фатальные последствия. Но следует отметить, что «поступающая солнечная энергия, около $2 \cdot 10^{17}$ Вт, нагревает внешнюю атмосферу приблизительно в 14000 раз сильнее, чем все ископаемое топливо, сжигаемое всеми людьми на Земле» [4, с. 315]. Таким образом, глобальное потепление в гораздо большей степени может оказаться детерминировано солнечной активностью.

Второй подход, наоборот, связан с представлениями о неизбежном похолодании на Земле и отрицанием роли «парникового эффекта». Например, А. Городницкий утверждает, что «существуют прямые свидетельства того, что изменения CO₂ в атмосфере являются следствием изменения температуры, а не его причиной» и что «в будущем нас ждет только значительное похолодание климата» [5].

Третий подход связан с представлениями о разнонаправленном характере изменения глобального климата, когда одни страны страдают от аномальной жары, другие –

от слишком суровых и снежных зим. Такой подход согласуется с представлениями о цикличном развитии климата и чередования «космических зим» и «космических лет» [6, с. 372].

Цель исследования заключается в обосновании растущего в последние годы влияния химического загрязнения окружающей среды на развитие процессов глобального изменения климата.

Материалы и методы исследования

Для реализации цели были использованы материалы ФГБУ «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за 2014–2023 гг. (URL: http://svgimet.ru/?page_id=50850) и статистические данные МЧС РФ за 2010–2020 гг. (URL: <https://rusind.ru/statistika-pozharov-v-rossii.html>). В исследовании использовались программно-целевой, структурно-функциональный, литературно-исторический, морфологический методы анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Большинство современных взглядов на проблему глобального изменения климата объединяет понимание того, что такое изменение многомерно, имеет множество причин как естественного, так и антропогенного порядка. На изменение температуры тропосферы влияют: яркость Солнца, отражательная способность Земли, угол оси вращения Земли, давление атмосферы, влажность, теплоемкость воздуха, поглощение парниковыми газами теплового излучения Солнца и Земли. Температура поверхности нашей планеты определяется преимущественно солнечным радиоактивным нагревом и силой парникового эффекта [7].

В последние десятилетия особую роль в процессах глобального изменения климата играет химическое загрязнение окружающей среды. Попадание все большего количества вредных химических веществ в атмосферу, в почву и особенно в воду способствует более быстрому разогреву тропосферы в результате физико-химических процессов, ионизирующего излучения и т.д. Известно, что значительная роль в радиационно-химических процессах принадлежит возбужденным молекулам химических загрязнителей.

Ярким примером химического загрязнения окружающей среды являются кислотные дожди, образующиеся в результате взаимодействия газовых атмосферных

выбросов с водой, кислородом и другими химическими соединениями. Их продуктами являются серная, сернистая, азотистая, азотная кислоты и другие соединения, приводящие к значительному снижению pH осадков (дождь, туман, снег). Кислотные осадки вызывают гибель лесов, урожаев, приводят к разрушению горных пород и зданий, способствуют выщелачиванию экотоксикантов из почвы и попаданию их в водные бассейны.

Химическое загрязнение тропосферы может быть как прямым, так и опосредованным. Прямым считается такое загрязнение, при котором химические вещества в газообразной форме непосредственно поступают в атмосферу и вступают в реакцию с другими химическими соединениями, что способствует ухудшению качества атмосферы. Опосредованный вариант химического загрязнения связан с попаданием вредных химических элементов в почву и воду, которые становятся токсичными и служат проводниками такого загрязнения. Испарение воды с поверхности крупных водоемов, начиная с океанов и морей, заканчивая реками и озерами, также насыщает атмосферу химическими загрязнителями, однако непосредственным их поставщиком здесь является уже не человек, не промышленное предприятие, а конкретный биогеоценоз.

Аналогичная ситуация и с биологическим загрязнением, которое является следствием химического загрязнения. Антропогенное влияние на биосферу ведет к разрыву многих биологических циклов, концентрации рассеянной энергии в виде теплового загрязнения и, соответственно, приводит к изменению климата. Таким образом, деление самого загрязнения окружающей среды на виды: физическое, химическое, биологическое – является достаточно условным. В данной типологии именно химическое загрязнение служит первичным фактором глобального изменения климата. Условность типологии загрязнения в данном случае можно объяснить тем, что химическое производство выделяется в качестве самостоятельного источника загрязнения. Выбросы автотранспорта, черной, цветной металлургии и других отраслей хозяйства также относятся к химическому загрязнению, поскольку они являются источником попадания в окружающую среду химических загрязнителей: кислот, щелочей, нефти и нефтепродуктов, пестицидов, диоксинов, тяжелых металлов, фенолов, аммонийного и нитритного азота.

О масштабах химического загрязнения говорит тот факт, что еще в начале XXI в. ежегодные выбросы углекислого газа в мире составляли 200 млрд т. Эта величина превышает способность Мирового океана к поглощению, что приводит к росту концентрации CO₂ в атмосфере и «парниковому эффекту». Тем самым можно утверждать, что в любом случае для глобального изменения климата первичным фактором служит именно химическое загрязнение. Это означает, что именно химическая безопасность должна определять климатическую политику и климатическую повестку.

Химическая безопасность, как составной элемент экологической безопасности, связана с производством, хранением, использованием и утилизацией различных химикатов. Однако в этом вопросе много серьезных упущений. В 2021 г. в Российской Федерации было зафиксировано 15,5 тыс. нелегальных мусорных свалок, а в 2022 г. их число сократилось до 12,9 тыс. Среди территорий с наибольшим ростом количества несанкционированных свалок в 2022 г. лидировали Москва и Московская область, Краснодарский край, Санкт-Петербург, Свердловская и Ростовская области (URL: <https://gor-hoz.ru/index.php/upravlenie-otkhodami/polygony/1634-kolichestvo-stikhijnykh-svalok-v-rossii-nachalo-umenshatsya-srediliderov-bashkortostan#>).

Несанкционированные свалки мусора являются очагами пожаров. Но даже официальные мусорные полигоны в своем большинстве – от 60 до 80% – не защищены от возгораний. 12 июня 2023 г. в Калининградской области возле поселка Круглово из-за серьезных нарушений эксплуатации объекта произошел серьезный пожар на мусорном полигоне, охвативший 5 тыс. м². В атмосферу попало большое количество оксидов серы, азота, углерода, взвеси сажи и тяжелых металлов. Аналогичный случай произошел 16 июля 2023 г. в Наримановском районе Астраханской области (поселок Трусово). 13 июля 2023 г. произошло возгорание в районе Кунцевского рынка в Москве. Еще один пожар в Москве случился в районе Чертаново на территории мусоросортировочного комплекса, другой – в районе завода «Москвич» и также на свалке. Трижды за 2023 г. происходил пожар на мусорном полигоне во Владивостоке. Статистика свидетельствует о явно недостаточном уровне технологической безопасности данных объектов и о нарушениях природоохранного законодательства.

Перспективы глобального изменения климата выглядят пессимистично и носят пока неуправляемый, непредсказуемый характер. На текущий момент имеются попытки прогноза глобального изменения климата. В частности, можно назвать модель О. Г. Сорохтина, которая позволяет рассчитать вклад каждого из факторов, влияющих на процесс глобального изменения климата, на динамику процесса. Это серьезный шаг вперед на пути анализа и оценки процессов глобального изменения климата. Но следует заметить, что эта модель строится на семи факторах, тогда как реально на процесс глобального изменения климата влияет значительно большее число параметров. Кроме того, рассчитываемый в данной модели суммарный эффект влияния семи основных факторов не является синергетическим и в ней не в полной мере учтена обратная связь.

Следует подчеркнуть, что определение средней температуры Земли и прогнозируемое ее повышение в течение XXI в. сопряжено с большим набором трудностей и существенно зависит от применяемых моделей расчета. В некоторых моделях для объяснения большого разброса полученных результатов предлагается разделить потепление на две составляющие: базовое потепление, обусловленное физикой переноса излучения («парниковый эффект»), и дополнительное потепление, обусловленное климатическими обратными связями [8].

Попытки определения общего влияния солнечной энергии предпринимались давно. В этой связи можно сослаться, например, на книгу российского ученого С.А. Подолинского (1850–1891) [9], в которой автор рассматривал вопросы сбережения солнечной энергии на земной поверхности. Он, в частности, писал: «Для того, чтобы при уменьшающихся источниках солнечной энергии на земной поверхности и в ближайших слоях под ней могло произойти накопление превратимой энергии, необходимо, чтобы происходил на земной поверхности процесс сбережения энергии, процесс, обратный рассеянию...» [9, с. 23]. При желании можно обнаружить некоторую схожесть рассуждений С.А. Подолинского с моделью О.Г. Сорохтина: эти рассуждения связаны с тем, что в них также выделяется семь факторов в определении влияния солнечной энергии на тропосферу: теплота, электричество, свет, магнетизм, химические средства, частичные силы и всемирное тяготение

[9, с. 12]. Но этим сходство и ограничивается, поскольку С.А. Подолинский рассматривал антропогенное влияние, а именно трудовую деятельность человека, на распределение и преобразование солнечной энергии. А это и есть обратная связь, которая в модели О.Г. Сорохтина не учитывается.

В действительности поставленный С.А. Подолинским вопрос о преобразовании и сохранении (накоплении) солнечной энергии – это, по существу, вопрос о предупреждении глобального похолодания или, наоборот, глобального потепления, поскольку речь идет о глобальном регулировании процессов изменения климата на планете. И горизонты решения данного вопроса могут быть самыми разными. Одним из таких горизонтов служит нанохимия и разработка необходимых нанотехнологий. Благодаря им уже сегодня стало возможным сокращение токсичных отходов различных производств, использование экологически безопасных, так называемых «eco-friendly» материалов, преобразование энергии, переработка отходов. Особо стоит отметить возможности химической очистки атмосферного воздуха, почв, промышленных и сточных вод, включающие адсорбционный, биохимический и флотационный методы, мембранное обессоливание, озонирование сточных вод и др.

Эффективность химических методов и способов стабилизации климатического режима неразрывно связана с соблюдением требований экологического законодательства. Однако в Российской Федерации до сих пор не принят Экологический кодекс, который регламентировал бы все стороны проблемы экологической (в том числе и химической) безопасности. Разрозненные экологические нормативно-правовые акты по вполне понятным причинам (отсутствие конкретики, рекомендательный характер, противоречивость формулировок и др.) не могут заменить закона прямого действия. Поэтому некоторые новые и достаточно перспективные методы и способы оздоровления климатической ситуации, как и в целом всей окружающей среды, не сертифицированы, а их применение не регламентировано. Вместо этого в настоящее время для оздоровления окружающей среды используется прежняя политика предоставления хозяйствующим субъектам лимитов на вредные выбросы и сбросы, установление которых допускается только при наличии соответствующих планов снижения выбросов и сбросов, согласованных

с органами государственной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды [10, с. 27].

Представляется, что эта политика уже не в полной мере отвечает современной экологической и климатической ситуации, поскольку на фоне геополитического и макроэкономического кризиса мир переживает еще и глобальный экологический кризис, а его последствия оказываются гораздо более радикальными, чем несколько десятилетий назад [11, 12]. При этом отмечается, что наибольшую угрозу биоразнообразию на планете несет именно глобальное изменение климата [12, с. 18]. Главной его причиной считаются процессы взаимодействия Мирового океана с атмосферой, тогда как влияние человека будто бы не является доминирующей причиной в процессе глобального изменения климата [12, с. 20]. Но если учесть, что антропогенный фактор стал в последние десятилетия главной причиной загрязнения Мирового океана и вызвал соответствующие негативные процессы во взаимодействии между гидросферой и атмосферой, то подобный вывод представляется не совсем корректным. В одном только Тихом океане существует около тысячи мусорных островов. Один из них, так называемый Великий Тихоокеанский мусорный остров – Great Pacific Garbage Patch – протяженностью более чем в 500 морских миль (от Калифорнии через Гавайи и почти до Японии), свидетельствует о критической ситуации в мировом океане, возникшей именно из-за деятельности человека.

Сегодня исследователи всерьез говорят уже даже не о мусорных островах, а о пяти мусорных континентах из них два – в Тихом океане, два – в Атлантическом океане и один – в Индийском океане. Считается, что на текущий момент только для того, чтобы очистить Мировой океан от накопившегося в нем пластика, понадобится 79000 лет [13, с. 68]. Похоже, что точка невозврата (сингулярности) здесь уже пройдена: у человечества нет такого длительного срока. Единственное, на что можно рассчитывать, это на прорывные химические и биологические технологии, способные в максимально сжатые сроки обеспечить максимальный оздоровительный эффект. Но эти технологии пока слабо регламентированы существующей нормативно-законодательной базой.

По большей части нормативно-правовая база в области охраны окружающей среды, в том числе и обеспечения химиче-

ской безопасности, в нашей стране сравнительно старая. В качестве примеров можно сослаться на ФЗ № 89 от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления», с момента которого прошла четверть века, или на ФЗ № 174 от 23.11.1995 г. «Об экологической экспертизе» и др. Даже ФЗ № 7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» был принят более двадцати лет назад. Аналогично и ФЗ № 96 от 04.05.1999 г. «Об охране атмосферного воздуха» требует доработки с учетом изменившейся ситуации. Представляется необходимым ужесточение и уголовной ответственности за загрязнение атмосферы, предусмотренной ст. 251 УК РФ.

Естественно, что в силу определенных причин (инфляция, рост масштабов загрязнения, накопительный эффект и др.) предусмотренные в законах санкции уже не отвечают вызовам времени. Например, размер штрафов за негативное воздействие хозяйствующих субъектов на окружающую среду должен быть существенно увеличен. Сегодня, в соответствии с ФЗ № 7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», он составляет до 6 тыс. руб. для физического лица и до 100 тыс. руб. – для юридического лица. Это ни в коей мере не останавливает растущего масштаба загрязнений и ухудшения экологической, в том числе климатической, ситуации. Распространение несанкционированных мусорных свалок и их самовозгорание стало одной из главных причин массовых пожаров. По данным МЧС, в Российской Федерации ежегодно регистрируется около 150000 пожаров, ущерб от которых оценивается в 20 млрд руб. и в которых гибнет около 10 тыс. чел. Только в 2023 г. от лесных пожаров пострадало 10 млн га. А ведь леса – это «легкие планеты», от их состояния не в последнюю очередь зависит глобальное изменение климата. В год углеродные выбросы от лесных пожаров могут достигнуть 400 млн т. Состав углеродных выбросов включает: углекислый газ (84,6%), угарный газ (8,2%), метан (1,1%), твердые частицы (3,5%) и другое (2,5%). Чем больше в атмосфере CO₂, тем больше увеличивается температура Земли и существенно подвергается риску здоровье человека.

Глобальное изменение климата имеет и свои региональные особенности. Загрязнение одной только атмосферы в Свердловской области остается традиционно очень высоким в Екатеринбурге, Нижнем Тагиле и высоким в Первоуральске, Каменске-

Уральском, Красноуральске [10, с. 38]. В Российской Федерации именно Уральский регион является бесспорным лидером по загрязнению воздуха из стационарных источников. Такие загрязнения составляют более 20% от общего числа загрязнителей атмосферы.

Отдельно стоит отметить такой вид химического загрязнения атмосферы, как аэрозольное загрязнение. По имеющимся данным, полученным например, в результате аэрозольного эксперимента «AeroRadCity» (2018–2020 гг.), была выявлена определенная взаимосвязь такого вида загрязнений с изменением метеорологических условий. Было также установлено, что в период эксперимента доля городской компоненты аэрозольного загрязнения существенно менялась (с 18 до 34%). В рамках эксперимента «AeroRadCity» анализировалось состояние облаков, состав воздуха, его температурные показатели, радиация и другие параметры. В целом оказалось, что аэрозольное загрязнение и климатические изменения взаимосвязаны [14].

Заключение

В мире сегодня больше 90% населения проживает в районах, где уровень загрязнения воздуха превышает значения, установленные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Загрязнение атмосферного воздуха является причиной того, что ежегодно 6,7 млн чел. умирают. Это свидетельство климатического кризиса, т.е. неудовлетворительной и крайне опасной для человека ситуации, сложившейся по целому ряду причин.

Мониторинг состояния атмосферы и климата проводится в мире, несмотря на отдельные недостатки, достаточно системно и регулярно. В нашей стране, в том числе в Уральском регионе, он проводится в соответствии с РД 52.04.667-2005 «Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению, содержанию». Анализ данных состояния атмосферного воздуха Свердловской области в 2014–2023 гг. свидетельствует об устойчивом характере высокой степени его химического загрязнения.

Актуальной является задача достоверного прогноза процесса глобального изменения климата и управления им. Для успешного решения этой проблемы необходимы не только колоссальные финансо-

вые ресурсы, но и формирование экологических: культуры, психологии, мышления, грамотности. Современное общество стоит на пороге экологической парадигмы, смысл которой заключается в том, чтобы не просто охранять природу, которой уже нанесен серьезный ущерб, с которым она самостоятельно не в силах справиться, а рекультивировать и восстановить ее воспроизводственную функцию [15].

1. Для этого необходимо сформировать новое экологическое правосознание и принять Экологический кодекс, Закон об экологической культуре, которые обсуждаются на протяжении десятилетия, но пока так и не приняты. А также модернизировать уже имеющееся экологическое законодательство, которое формировалось на рубеже XX–XXI вв. и уже нуждается в изменении.

2. Необходимо усилить меры гражданской, административной и уголовной ответственности за загрязнение окружающей среды, особенно в плане нарушения ее химической безопасности, в связи с чем пересмотреть принципы организации мониторинга и отдельные нормативы, например, в области предоставления лимитов хозяйствующим субъектам на выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

3. Представляется необходимым сертифицировать и широко распространять современные химические технологии, методики анализа и санации окружающей среды. Особую роль здесь могут сыграть современные нанотехнологии.

4. Важно создать государственную систему мониторинга климатически активных веществ, для чего, в частности, в рамках проекта Министерства экономического развития Российской Федерации планируется: создание физико-математической модели Земли; разработка сценариев декарбонизации экономики; разработка программы борьбы с опустыниванием в тринадцати регионах Российской Федерации; создание системы постоянных наблюдений за состоянием многолетней мерзлоты.

5. Целесообразно разработать специальную методологию научного исследования процессов глобального изменения климата, которая в значительной степени учитывала бы определяющую роль в этих явлениях именно эндогенных факторов.

Список литературы

1. Боровикова К., Бутрин Д. Зеленый евро-план // Коммерсант. 2023. № 37.

2. Пикетти Т. Краткая история равенства. М.: АСТ, 2023. 384 с.
3. Abbass K., Qasim M.Z., Song H., Murshed M., Mahmood H. and Younis I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. P. 42539–42559. DOI: 10.1007/s11356-022-19718-6.
4. Хокен П., Ловинс Э., Ловинс Х. Естественный капитал. Грядущая промышленная революция. М.: Наука, 2002. 459 с.
5. Городницкий А. Конец мифа о глобальном потеплении. [Электронный ресурс]. URL: <https://regnum.ru/article/2732877> (дата обращения: 12.09.2023).
6. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М.: Издательство МГУ, 2002. 506 с.
7. Kulkarni S.J. Greenhouse Gases – a Brief Review // *International Journal of Research and Review* 2017. Vol. 4, Is. 3. P. 18–21.
8. Anderson T.R., Hawkins E., Jones P.D. CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models // *Endeavour*. 2016. Vol. 40, Is. 3. P. 178–187. DOI: 10.1016/j.endeavour.2016.07.002/.
9. Подолинский С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии. М.: Ноосфера, 1991. 85 с.
10. Актуальные проблемы национальной безопасности России. Екатеринбург: Издательство Уральской ГСХА, 2010. 248 с.
11. Стожко Д.К. Новая экономическая реальность и современный экологический кризис // *Векторы благополучия: экономика и социум*. 2022. № 3 (46). С. 71–82. DOI: 10.18799/26584956/2022/3/1210.
12. Малинин В.Н. Глобальный экологический кризис и климат // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2017. № 48. С. 11–32.
13. Огарков И.Н., Шведов В.Г. Большое тихоокеанское мусорное пятно // *Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема*. 2017. № 3 (28). С. 67–70.
14. Аэрозольное загрязнение городов и его эффекты на прогноз погоды, региональный климат и геохимические процессы / Под ред. Н.Е. Чубаровой. М.: МАКС-Пресс, 2020. 339 с.
15. Стожко Д.К., Стожко К.П. Экологическая культура современного российского общества: на пороге гносеологической парадигмы // *Гуманитарий: актуальные проблемы гуманитарной науки и образования*. 2021. № 3 (55). С. 298–311. DOI: 10.15507/2078-9823.55.021.202103.298-311.

ДИСКУССИЯ

УДК 911.9

DOI 10.17513/use.38115

**К ВОПРОСУ АДАПТАЦИИ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ****Тарасова О.С.***ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»,
Новосибирск, e-mail: tosgeo@bk.ru*

В статье рассмотрены две основные концепции, объясняющие климатические изменения: антропогенные выбросы парниковых газов (прежде всего CO₂ и метана), как следствие, усиление парникового эффекта и естественная концепция климатических изменений вследствие изменения солнечной активности и развития геофизических процессов. Проанализированы периоды климатических изменений в XX в., выявлены периоды усиления выбросов парниковых газов при снижении глобальной температуры, предложены доказательства естественных причин климатических изменений, подтвержденные российскими климатологами. Причина климатических изменений – естественный необратимый процесс, на который человечество повлиять не может, а может только к нему адаптироваться. Проведен анализ нормативных документов РФ по вопросам адаптации регионов и экономики к негативным погодным процессам и явлениям, вызванным изменениями климата. Установлено, что регионы в настоящее время не готовы к происходящим изменениям и их последствиям. Предложено перенести акценты с процессов декарбонизации экономики и общего снижения углеродного следа на разработку адаптивных стратегий для наиболее климатозависимых отраслей в целях снижения экономического ущерба и как минимум сохранения текущих экономических показателей климатозависимых отраслей, а в будущем их увеличения, с учетом возможных организационно-технических изменений в принципах ведения хозяйства. Основой адаптационных стратегий должны стать уже имеющиеся организационные, технические и методические подходы к реализации рационального природопользования и снижения негативных локальных микроклиматических последствий: минимизации процессов деградации почв вследствие выветривания, подтопления, засоления; снижения пожарной опасности в лесах; сокращения ущерба жилищно-коммунального хозяйства вследствие неблагоприятных погодных процессов и явлений.

Ключевые слова: изменения климата, зеленая экономика, декарбонизация, парниковые газы, адаптация экономики

**ON THE ISSUE OF ADAPTATION OF BRANCHES
OF THE NATIONAL ECONOMY TO CLIMATE CHANGE****Tarasova O.S.***Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, e-mail: tosgeo@bk.ru*

The article discusses two main concepts that explain climate change: anthropogenic emissions of greenhouse gases (primarily CO₂ and methane) and, as a consequence, an increase in the greenhouse effect. The natural concept of climate change due to changes in solar activity and the development of geophysical processes. The periods of climate change in the XX century are analyzed, periods of increased greenhouse gas emissions with a decrease in global temperature are identified, evidence of natural causes of climate change, confirmed by Russian climatologists, is proposed. The cause of climate change is a natural irreversible process that humanity cannot influence, but can only adapt to it. The analysis of regulatory documents of the Russian Federation on the adaptation of regions and the economy to negative weather processes and phenomena caused by climate change is carried out. It has been established that the regions are currently not ready for the ongoing changes and their consequences. It is proposed to shift the emphasis from the processes of decarbonization of the economy and the overall reduction of the carbon footprint to the development of adaptive strategies for the most climate-dependent industries in order to reduce economic damage and, at least, preserve the current economic indicators of climate-dependent industries, and in the future increase them, taking into account possible organizational and technical changes in the principles of farming. The basis of adaptation strategies should be the existing organizational, technical and methodological approaches to the implementation of rational nature management and reduction of negative local microclimatic consequences: minimizing the processes of soil degradation due to weathering, flooding, salinization; reducing fire danger in forests; reducing damage to housing and communal services due to adverse weather processes and phenomena.

Keywords: climate change, green economy, decarbonization, greenhouse gases, adaptation of the economy

Вопросы изменения климата и адаптации к ним экономики чрезвычайно актуальны в настоящее время. Проблема изменения климата причислена к глобальным проблемам человечества, и в настоящее время практически все прогрессивное мировое

сообщество прикладывает огромные усилия и тратит миллиарды долларов на предотвращение климатических изменений. Российская Федерация – не исключение. В рамках борьбы с климатическими изменениями принята Стратегия социально-эконо-

мического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. [1], которая перед субъектами РФ ставит задачу достичь «климатической нейтральности» к концу 2050 г.

В то же время причины наблюдаемых климатических изменений достоверно не установлены. Можно выделить две концепции: антропогенную и естественную, и в зависимости от основополагающей концепции стратегии адаптации хозяйства к изменениям климата будут существенно различаться. Независимо от причин климатических изменений возникла объективная необходимость разработки и реализации стратегий адаптации хозяйства к этим изменениям.

Цель исследования – рассмотреть основные концепции, объясняющие причины изменения климата в современных условиях, определить направления адаптационных изменений в хозяйстве в связи с климатическими изменениями.

Материалы и методы исследования

В настоящее время в научной среде присутствуют две диаметрально противоположные концепции, объясняющие причины климатических изменений. Первая концепция утверждает, что причиной глобального потепления климата, в текущей интерпретации глобального изменения климата, является антропогенный фактор, а именно

выбросы парниковых газов, прежде всего CO_2 и метана. Вторая концепция объясняет климатические изменения естественными циклами колебаний солнечной активности и геофизических процессов. Обе концепции основаны на обработке большого объема данных и построении климатических моделей.

Неоспоримым считается факт, что за период с 1900 г. по настоящее время в погодных условиях наблюдалось два пика потепления – в 1910–1945 и 1977–2000 гг. [2, с. 62–63] (рис. 1), соответственно, между указанными периодами – похолодание.

В оценке климатических изменений важным является не только наличие самих данных, но и подходы к их обработке и анализу. Так, период с 1910 по 1945 г. не отличался существенным повышением выбросов парниковых газов в силу относительно невысокой интенсивности экономического развития, зависимость между выбросами CO_2 и ростом температур почти не прослеживается, а в 1977–2000 гг. прослеживается прямая зависимость между этими показателями. В то же время в промежуток между 1945 и 1977 г. наступил период относительного похолодания, при том что выбросы CO_2 в это время существенно возросли, то есть наблюдалась обратная зависимость, исходя из логики рассуждений, увеличение выбросов парниковых газов приводило к понижению температуры [3, с. 54–56].

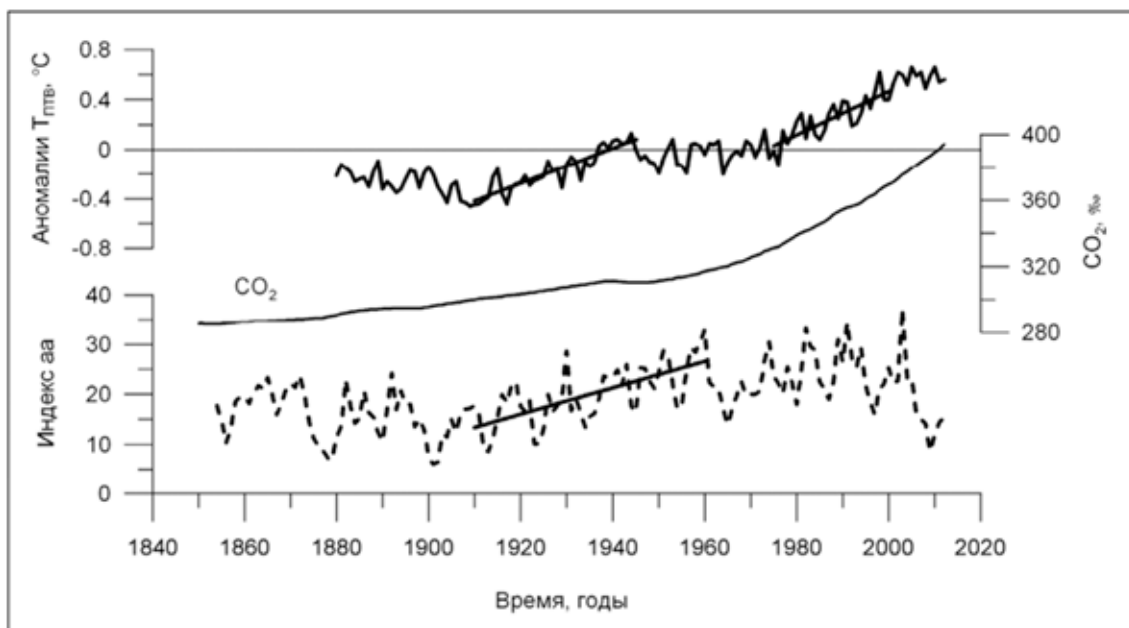


Рис. 1. Изменения глобальной приземной температуры воздуха, концентрации углекислого газа в атмосфере и геомагнитной активности (индекса) [2, с. 63]

При этом с 2000 г. существенного повышения среднегодовой температуры на Земле не наблюдается (рис. 2). Более того, сторонники естественных изменений на основе имеющихся данных по циклам температурных режимов и изменения геомагнитной активности предполагают с 2020 г. наступление нового периода похолодания, который продлится до 2060 г. [2, с. 62–63; 4, с. 690–691].

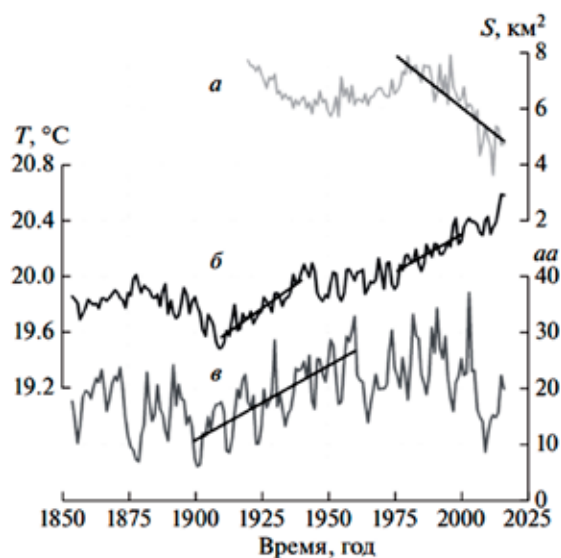


Рис. 2. Долговременные изменения: а – площади льда в Арктическом бассейне для сентября; б – температуры поверхности океана ($60^{\circ}N - 60^{\circ}S$; $0^{\circ} - 360^{\circ}$); в – индекса геомагнитной активности [4, с. 63]

Климат Земли – сложнейшая термодинамическая система, изменение процессов в которой не может носить линейный характер, поэтому оценивать зависимость приземной температуры от концентрации парниковых газов в атмосфере в корне неверно.

В долгосрочном периоде изменения климата предопределяются циклами солнечной активности, наклоном земной оси, геофизическими процессами [5, с. 1045–1046; 6, с. 228–230]. Солнечная активность предопределяет все процессы на поверхности Земли, формируя зависимую цикличность, наиболее известна цикличность Миланковича продолжительностью 26,41 и 93 тыс. лет, известны и иные периоды цикличности [7, с. 24–25]. Влияют на процессы изменения климата и менее очевидные факторы. Так, совместные исследования британских и американских ученых [8, с. 552–553] показывают, что за последние 20 лет Мировой океан вследствие потепления воды суще-

ственно «позеленел» (в среднем более 56% площади Мирового океана) за счет роста концентрации фитопланктона. В процессе фотосинтеза фитопланктон потребляет углекислый газ и выделяет кислород. Пока отсутствуют достоверные данные, какое количество CO_2 потребляет фитопланктон, однако, с учетом площади его распространения, очевидно, что это существенные объемы. Современные «антропогенные» климатические модели этот фактор вообще не учитывают. В то же время в процессе повышения температуры Мирового океана часть растворенного в нем CO_2 и метана попадает в атмосферу [9], усиливая естественный парниковый эффект, и вклад в него антропогенного фактора может быть преувеличен. Важно отметить, что отсутствует и ответ на вопрос, что является первичным: концентрация CO_2 способствует повышению температуры, или повышение температуры является причиной высвобождения из вод океана CO_2 [10, с. 19].

Последние публикации российских ученых также опровергают антропогенную причину климатических изменений, объясняя потепление, наблюдающееся с 1970-х гг., (особенно в приполярных областях), активной сейсмичностью в Алеутской дуге и части Чилийской зоны в 1950-х – 1960-х гг., которые сопровождалась разрушением метастабильных газогидратов и высвобождением содержащегося в них метана [11].

Однако независимо от причин изменения климата Россия, как и другие регионы, сталкивается с его последствиями. В целом на территории РФ наблюдается больший рост температуры, чем в среднем по миру, что сопровождается увеличением неблагоприятных погодных условий и явлений: возрастает количество дней со штормовыми ветрами, чаще фиксируются наводнения, засухи, лесные пожары, протаивания многолетней мерзлоты в пределах размещения зданий и сооружений и т.п. [12, с. 13, 17–18; 13, с. 8]. По долгосрочным прогнозам климатологов большая часть территории России (Сибирь и субарктические регионы) будут находиться в области более значительного потепления по сравнению с другими странами, с наибольшим потеплением зимой (к 2030 г. на $1-2^{\circ}C$). В Сибири и на Дальнем Востоке уменьшится число дней с заморозками при среднем росте количества осадков, но преимущественно в холодное время года. В то же время в Южном федеральном округе климат, особенно в теплые периоды года, станет более жарким и за-

сушливым [14, с. 82–83; 12, с. 27]. Существенные изменения претерпят и гидрологические характеристики: увеличение температуры воздуха приводит к росту содержания водяного пара, что может стать причиной экстремальных осадков, изменения количества облачности, характеристик снежного покрова [15, с. 23].

Неблагоприятные, резкие изменения погоды приводят к ощутимому социально-экономическому ущербу, влияют не только на сельское хозяйство, но и на все остальные отрасли: энергетику, водопользование и водопотребление, речное и морское судоходство и т.п. [16, с. 39, 51; 17, с. 40–41].

Распоряжением Правительства РФ в декабре 2019 г. утвержден Национальный план мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г. [18]. В плане обозначены основные угрозы и даны направления адаптационных мероприятий для предотвращения рисков их наступления. В рамках Национального плана каждый субъект РФ должен разработать паспорт климатической безопасности в соответствии с рекомендациями, приведенными в распоряжении Минприроды РФ [19].

Паспорт должен стать информационно-аналитической базой для определения мер снижения негативных последствий изменения климата. Но к середине 2023 г. большинство субъектов РФ все еще находятся в стадии разработки такого паспорта, разработанные паспорта носят типовой характер и недостаточно информативны для использования в разработке адаптационных региональных стратегий. Говорить о сформированной региональной политике субъектов РФ в этом направлении не приходится.

Регионы сталкиваются не только с организационными, но и с информационными сложностями: отсутствует рабочее межведомственное взаимодействие, имеющиеся в распоряжении Росгидромета данные требуют дополнительной обработки, доклады чаще всего носят общий характер. Специализированные ведомства (Росгидромет, Росприроднадзор, Рослесхознадзор и т.п.) собирают различные данные, однако полноценного межведомственного обмена этой информацией нет, как нет и единой информационной системы, которая могла бы стать основой не только для стратегического планирования адаптации, но и для текущего, тактического принятия управленческих решений.

При этих обстоятельствах реальная деятельность по адаптации народного хо-

зяйства России к неблагоприятным климатическим изменениям до сих пор не реализуется. РФ все еще находится на начальной стадии концептуальной проработки направлений деятельности, причем в отдельных моментах основываясь на антропогенной теории климатических изменений, что может привести к выбору невыгодной стратегии развития. Однако уже сейчас практически все регионы сталкиваются с усилением неблагоприятных погодных явлений. Так, лето 2023 г. принесло в отдельные регионы сильные ливневые дожди, ставшие причиной затоплений, схода селей и других опасных явлений (в Республике Алтай сель стал причиной отключения электричества и блокирования людей в пос. Манжерок, ряд южных и юго-западных районов Новосибирской области оказались в зоне засухи, в Сочи 09.07.2023 практически за сутки выпало около 80 мм осадков, что стало причиной затопления города).

В настоящее время вместо разработки стратегии адаптации к негативным процессам вследствие климатических изменений, акцент переносится на развитие зеленой экономики, направленной на декарбонизацию и стремление к достижению углеродной нейтральности. Безусловно, нельзя не ориентироваться на общемировые тенденции развития, требуется принимать меры по оптимизации взаимодействия человека и природы, в том числе посредством внедрения в производственные процессы современных ресурсосберегающих и неприродоёмких технологий.

Однако нельзя и не учитывать объективную реальность. Россия по факту самая северная страна мира с точки зрения размещения населения и стационарных населенных пунктов. В этой связи 30–40% вырабатываемой энергии в России тратится на поддержание нормальных условий жизни, с учетом низких и отрицательных температур на большей части территории в течение не менее шести-восьми месяцев в году, что определяет высокую энергоёмкость [20, с. 2–3]. Выработка энергии осуществляется преимущественно из углеводородного топлива (65–70% от общей выработки), наблюдается и ограниченность текущих возможностей использования альтернативной энергетики. Несмотря на это в стране взят курс на низкоуглеродную экономику, что в корне подрывает базовую отрасль – энергетику.

С учетом последних внешнеполитических событий направленность на низ-

коуглеродную экономику больше похожа на вариант нечестной конкурентной борьбы развитых стран, не обладающих запасами углеводородов, со странами, добывающими углеводороды. Последняя встреча по Парижскому соглашению летом 2022 г. наглядно это подтверждает, так как квотирование выбросов и введение «углеродного» налога ставит добывающие страны в зависимое и заведомо экономически невыгодное положение. Нельзя не отметить и то, что сами развитые страны, с учетом текущего экономического кризиса, подтвердили невозможность отказа от углеводородного топлива и недостаточность доступных ресурсов альтернативной энергетики в обеспечении текущих энергетических потребностей [21, с. 59, 67].

Разрабатываемая общая государственная стратегия, направленная на декарбонизацию и развитие зеленой экономики, вписывается в международные соглашения, но противоречит нашим национальным интересам и никак не решает вопросы адаптации экономики к климатическим изменениям. В то же время наращивание добычи углеводородов и развитие энергоемких отраслей, например таких, как черная и цветная металлургия, создает «углеродоемкий» экономический рост, порицаемый международным сообществом. Однако если принять за основу теорию естественных климатических изменений, то такие «ограничения» теряют смысл, так как снижение углеродного следа никак не повлияет на климатические изменения, их темпы и направленность, но даст России возможность активно развивать экономику, а акценты следует переориентировать на подготовку климатозависимых отраслей хозяйства (прежде всего сельского, лесного и коммунального хозяйства) к возможным негативным последствиям климатических изменений и защиту от неблагоприятных погодных условий, насколько это вообще возможно.

Рассматривая особенности адаптации регионов РФ к климатическим изменениям, стоит сосредоточить внимание на прогнозировании возможных негативных явлений и решении конкретных проблем. Накопленный опыт реализации рационального природопользования и принципов мелиорации позволяет достаточно эффективно решать вопросы нивелирования негативных микроклиматических особенностей местности [22, с. 12–20]. Так, снижению скорости ураганных ветров и снегозадержанию, в целях

сохранения влаги, способствуют правильно высаженные лесополосы, они же могут и локально способствовать повышению влажности воздуха. В сельскохозяйственных регионах накоплен существенный положительный опыт борьбы с водной и ветровой эрозией почв [23, с. 115–114; 24, с. 93–95]. Для засушливых регионов [25, с. 67–68] есть конкретные разработки строительства гидротехнических сооружений в целях сбора поверхностных вод и искусственного, в том числе капельного, орошения. Причем современные технологии капельного полива не только решают вопросы дефицита влаги для сельскохозяйственных растений, но и сохраняют почву от вторичного засоления [26, с. 81].

В лесном хозяйстве также есть конкретные организационно-технические решения, направленные на снижение пожарной опасности, лесовосстановление, сохранение ценных лесных массивов, биологических методов борьбы с вредителями.

Около 65% территории нашей страны находится в зоне многолетней мерзлоты, причем скорость потепления в арктической зоне еще выше, чем в среднем по стране. В то же время исследования последних лет [27, с. 101] говорят о том, что причинами техногенных аварий, возникающих при протаивании многолетней мерзлоты, является в большинстве случаев не потепление климата и увеличение глубины протаивания, а технологические нарушения при строительстве и эксплуатации технических объектов. В этих условиях требуется пересмотр и конкретизация проектных и исполнительских решений при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений в условиях многолетней мерзлоты.

Уязвимым к климатическим изменениям становится и жилищно-коммунальное хозяйство [28, с. 21], особенно в части борьбы с затоплениями вследствие внезапного выпадения значительного количества осадков, особенно в теплое время года. Неготовность городской инфраструктуры (прежде всего отсутствие или плохая работа ливневой канализации) становится причиной подтопления жилой и коммунальной инфраструктуры, причиной возникновения опасных ситуаций и возникновения экономического ущерба.

Экономическая оценка последствий отсутствия адаптационных региональных стратегий развития климатозависимых отраслей – предмет будущих исследований.

Динамика урожайности сельскохозяйственных культур
(от современного уровня, в %) [30, с. 82]

Федеральные округа	Зерновые культуры		Кормовые культуры	
	Период прогнозирования, годы			
	2030	2050	2030	2050
Центральный	-5	-14	1	
Северо-Западный	8	9	16	20
Южный	-8	-2	-14	-17
Приволжский	-13	-30	-1	-12
Уральский	-26	-38	1	9
Россия в целом	-9	-17	0	-7

Вместе с тем нельзя не отметить, что, например, в Новосибирской области в 2023 г. прогнозируется снижение урожайности зерновых культур на 30–40% вследствие неблагоприятных погодных условий [29]. Причиной этого стали холодная весна и засуха в июне 2023 г. В соседней Омской области снижение урожая вследствие развития засух и суховея наблюдается уже на протяжении трех лет. Таким образом, общество уже в текущем периоде сталкивается с прямыми убытками и недополученной прибылью вследствие развития неблагоприятных погодных процессов, нет сомнений, что эти негативные эффекты в будущем будут усиливаться (таблица).

Такая динамика прогнозируемых изменений обуславливает острую необходимость разработки и внедрения в кратчайшие сроки региональных адаптивных стратегий во избежание увеличения ущерба.

Результаты исследования и их обсуждение

Причины климатических изменений последнего столетия окончательно не установлены, общепринятая парадигма – человек стал главным фактором климатических изменений на Земле – не выдерживает критики при анализе зависимостей изменений температуры воздуха, солнечной активности и геофизических процессов. Так, на фоне повышения выбросов парниковых газов в XX в. наблюдались два периода похолодания, после 2000 г. скорость роста температуры существенно снизилась, предполагается возможное похолодание до 2050 г. С негативными последствиями климатических изменений сталкиваются в настоящее время многие субъекты РФ, однако организационная и техническая готовность в регионах отсутствует, а интенсивность негативных процессов нарастает,

нарастает и ущерб вследствие неблагоприятных погодных процессов.

Наиболее уязвимыми отраслями являются сельское, лесное и жилищно-коммунальное хозяйство. Климатические изменения влияют на эти отрасли напрямую, однако косвенное влияние эти процессы оказывают и на другие отрасли: туризм, здравоохранение, строительную сферу, сферу услуг и т.п.

Заключение

Климатические изменения необратимы, имеют естественный циклический характер, у общества отсутствуют реальные механизмы что-либо в этом процессе изменить. В то же время Россия приняла курс на снижение углеродного следа и сокращение выбросов парниковых газов, что не остановит глобальные климатические изменения, однако может подорвать энергетический комплекс страны, что недопустимо. Требуется срочная разработка и внедрение стратегий адаптации к климатическим изменениям с учетом их региональной специфики.

Безусловно, рассмотренные проблемы – следствия климатических изменений – не являются исчерпывающими. В каждом локальном случае они индивидуальны, но накопленный хозяйственный опыт может позволить находить оптимальные решения для каждой ситуации. Такой подход к решению региональных проблем, возникающих вследствие климатических изменений, позволит не только концентрировать ресурсы на решении конкретных вопросов и задач, но и будет давать реальные результаты.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» // СЗ РФ. 2021. № 45. Ст. 7556.

2. Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И., Кириченко К.Е. Влияние солнечной активности на температуру тропосферы и поверхности океана // *Известия Иркутского государственного университета: Серия «Науки о Земле»*. 2013. Т. 6, № 1. С. 61–79.
3. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляничский В.М. Изменения климата Арктики и Антарктики – результат действия естественных причин // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2010. № 2 (85). С. 52–61.
4. Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Кириченко К.Е. Роль солнечной активности в наблюдаемых изменениях климата в XX веке // *Геоматизм и аэрономия*. 2017. Т. 57, № 6. С. 687–695.
5. Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И., Рубцова О.А. Модель воздействия солнечной активности на климатические характеристики тропосферы Земли // *Оптика атмосферы и океана*. 2005. № 12. С. 1042–1050.
6. Shakhova N., Semiletov I. Methane release and coastal environment in the East Siberian Arctic shelf // *J. of Marine Systems*. 2007. Vol. 66 (1–4). P. 227–243.
7. Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляничский В.М., Фролов И.Е. Переход от потепления к похолоданию климата Земли как результат действия естественных причин // *Глобальные экологические процессы: материалы Международной научной конференции / Под ред. В.В. Снакина*. М.: Academia, 2012. С. 23–31.
8. Cael B.V., Bisson K., Boss E. et al. Global climate-change trends detected in indicators of ocean ecology // *Nature*. 2023. № 619. P. 551–554. DOI: 10.1038/s41586-023-06321-z.
9. Снакин В.В. Глобальные изменения климата // *Жизнь Земли*. 2019. Т. 41, № 2. С. 148–164.
10. Федоров В.М., Голубев В.Н., Фролов Д.Н. Многолетняя изменчивость инсоляции Земли и содержания двуокиси углерода в атмосфере // *Жизнь Земли*. 2018. Т. 40 (1). С. 12–21.
11. Российские ученые выдвинули новую гипотезу резкого потепления климата в Арктике: сайт Минобрнауки [Электронный ресурс]. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/62913/> (дата обращения: 30.07.2023).
12. Катцов В.М., Кобышева Н.В., Мелешко В.П. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. докт. физ.-мат. наук В.М. Катцова, докт. экон. наук, проф. Б.Н. Порфирьева. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). М.: Д’Арт: Главная физическая обсерватория, 2011. 252 с.
13. Соколов Ю.И. Риски экстремальных погодных явлений // *Проблемы анализа риска*. 2018. Т. 15, № 3. С. 16–21.
14. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства в России в долгосрочной перспективе // *Проблемы прогнозирования*. 2020. № 3. С. 82–92.
15. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научно-технологии, 2022. 124 с.
16. Митрова Т., Хохлов А., Мельников Ю., Пердеро А., Мельникова М., Залобовский Е. Глобальная климатическая угроза и экономика России: в поисках особого пути. [Электронный ресурс]. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Climate_Primer_RU.pdf (дата обращения: 21.09.2022).
17. Виноградова В.В., Глезер О.Б., Грачева Р.Г. Воздействие изменения климата на человеческий потенциал, экономику и экосистемы: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 2022 г.) / под ред. Л.Н. Проскуряковой. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. 76 с.
18. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г.» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73266443/> (дата обращения: 18.08.2023).
19. Распоряжение Минприроды РФ от 19 мая 2021 г. № 16-р «Об утверждении Типового паспорта климатической безопасности территории субъекта Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_395196/f62ee45faefd8e2a11d-6d88941ac66824f848bc2/ (дата обращения: 18.08.2023).
20. Хабибрахманов Р.Р., Рыжкова Л.В. Факторы, определяющие энергоёмкость отечественной экономики // *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. 2012. № 12 (48). С. 112.
21. Ивановский Б.Г. Проблемы и перспективы перехода к «зеленой» энергетике: опыт разных стран мира (Обзор) // *Экономические и социальные проблемы России*. 2022. № 1. С. 58–78.
22. Домашов И., Коротенко В., Кошоев М. Изменение климата: примеры адаптационных практик на уровне сообществ / Под общ. ред. М. Кошоева. Б., 2012. 52 с.
23. Недикова Е.В., оглы Садыков Э.А., Недиков К.Д. Особенности защиты земель сельскохозяйственного назначения от водной и ветровой эрозии // *Регион: системы, экономика, управление*. 2019. № 3 (46). С. 112–117.
24. Недикова Е.В., Недиков К.Д. Моделирование устойчивого агроландшафта // *Экономика и экология территориальных образований*. 2019. Т. 3, № 3. С. 89–97.
25. Данилов-Данильян В.И., Пряжинская В.Г. Сценарии устойчивого регионального водопользования в условиях изменения климата // *Проблемы прогнозирования*. 2007. № 2. С. 62–76.
26. Шодмонов Х.М., Хасанов Ш.М. Капельный полив – самый экономичный перспективный способ полива культур // *Universum*. 2021. № 6 (87). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11983> (дата обращения: 25.09.2023).
27. Копылов В.Н., Шерстюков А.Б. Информационное обеспечение мониторинга устойчивости зданий и сооружений в зоне многолетней мерзлоты России // *Вестник кибернетики*. 2013. № 12. С. 94–105.
28. Приоритеты климатической адаптации мегаполиса: люди, природа, техника. Алгоритм, стратегия и план действий / Под ред. Е. Гашо. М., 2019. 54 с.
29. В Новосибирской области из-за засухи прогнозируют снижение урожая зерна на 30–40%. / *Коммерсант*. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6110652> (дата обращения: 03.08.2023).
30. Краснощек В.Н., Ольгаренко Д.Г., Рожкова О.Н. Изменение климата и сельское хозяйство России: проблемы и решения // *Природообустройство*. 2017. № 2. С. 80–87.

СТАТЬИ

УДК 550.42:551.578.46

DOI 10.17513/use.38116

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Наход В.А., Малов А.И., Зыкова Е.Н.

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, e-mail: Nakhod.Vitaliy@knauf.ru

В статье приведены данные по загрязнению снежного покрова при разработке месторождения гипса в Архангельской области. На основе анализа 12 проб снега, отобранных в марте 2023 г., дана оценка степени загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами в результате производственной деятельности горнодобывающего предприятия. Целью работы являлось сравнение растворимой и нерастворимой форм тяжелых металлов, выявленных в отобранных пробах снега на исследуемой территории, определение их соотношения и корреляции. Также были определены физико-химические показатели талой воды: минерализация, проводимость, водородный показатель, что необходимо для понимания миграционной способности соединений тяжелых металлов. Концентрации практически всех элементов в растворимой форме были значительно выше, чем в нерастворимой. Концентрации меди, цинка, молибдена, свинца и ванадия превышали ПДК для объектов рыбохозяйственного значения. В одной из проб содержание свинца было около ПДК для водоемов, используемых для хозяйственно-бытовых нужд. Выполненные исследования показали, что концентрации химических элементов убывают в следующей последовательности: Fe > Zn > Mo > Mn > Pb > Sb > V > Cr > Cu > As > Ti > N > Co. Предварительный анализ показал, что марганец может иметь природное происхождение, а молибден и медь связаны с разработкой месторождений полезных ископаемых Кольского полуострова. Техногенная природа повышенных концентраций свинца, ванадия и цинка наиболее предпочтительна за счет их источников непосредственно в исследованном районе.

Ключевые слова: тяжелые металлы, горные работы, окружающая среда, снег

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 122011300333-1; тема FUUW-2022-0043).

SNOW COVER POLLUTION DURING OPERATION OF THE GYPSUM DEPOSIT IN ARKHANGELSK REGION

Nakhod V.A., Malov A.I., Zyкова E.N.

Federal Center for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov, Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, e-mail: Nakhod.Vitaliy@knauf.ru

The article presents data on the pollution of snow cover during operation of the gypsum deposit in Arkhangelsk region. Based on the analysis of twelve snow samples taken in March 2023, the degree of heavy metal pollution of the snow cover as a result of production activities of the mining company is assessed. The purpose of the work is to compare soluble and insoluble forms of heavy metals detected in selected snow samples in the study area, to determine their ratio and correlation. Physic-chemical parameters of melt water were also determined: mineralisation, conductivity, hydrogen index, which is necessary to understand the migration ability of heavy metal compounds. The concentrations of almost all elements in soluble form were significantly higher than those in insoluble form. Concentrations of copper, zinc, molybdenum, lead and vanadium exceeded the MPC for objects of fishery significance. In one of the samples the lead content corresponded to MPC for water bodies used for household needs. The performed studies showed that concentrations of chemical elements decrease in the following sequence: Fe > Zn > Mo > Mn > Pb > Sb > V > Cr > Cu > As > Ti > Ni > Co. Preliminary analysis has shown that manganese may be of natural origin, while molybdenum and copper are associated with the development of mineral deposits in the Kola Peninsula. The technogenic nature of elevated concentrations of lead, vanadium and zinc is most favoured due to their sources directly in the studied area.

Keywords: heavy metals, mining, environment, snow

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (project No. 122011300333-1; topic FUUW-2022-0043).

Минеральное сырье (в том числе строительные материалы) является важнейшим компонентом ресурсного потенциала нашей страны. Ежегодная добыча многих видов строительных материалов сопоставима с годовой добычей угля и других полезных ископаемых. Месторождение гипса «Глубокое» в Архангельской области раз-

рабатывается с 2008 г., и ежегодная добыча гипсового камня составляет 600 тыс. т. Вместе с тем добыча гипсового камня – серьезное вмешательство в окружающую среду. Месторождение разрабатывается карьерным способом, а именно открытые горные разработки оказывают наиболее глубокое и зримое негативное воздействие на окру-

жающую среду [1–3]. При эксплуатации карьера происходит загрязнение атмосферы, поверхностных и подземных вод, растительности и почв выбросами газообразных и взвешенных веществ и сбросами сточных вод и отходов.

Естественно, на предприятии осуществляются необходимые мероприятия для снижения негативных воздействий. Для снижения пылеобразования при ведении горных работ в сухой теплый период года производится систематическое орошение взорванной горной массы, поверхности отвалов и автодорог, а также увлажнение перерабатываемого материала при подаче в приемный бункер дробильно-сортировочной установки и перед подачей готовой продукции на открытые складские площадки. Карьерные воды, сформированные за счет подземных вод и атмосферных осадков, собираются в специальный водосборник, откуда откачиваются насосами за пределы карьера – в пруд-отстойник, где они осветляются. Для борьбы с ветровой эрозией на откосах и поверхностях отвалов вскрышных пород производится посев многолетних трав. Обязательным условием является и стандартный экологический мониторинг, выполняемый в соответствии со строительными нормами и правилами.

В данной работе была поставлена цель более глубокого научного исследования особенностей загрязнения окружающей среды при разработке месторождения гипсов с оценкой источников загрязнения, интенсивности переноса и видов переноса загрязнений в растворимой и нерастворимой формах. В качестве первого этапа было изучено распределение тяжелых металлов в снежном покрове, сформированном за зимний период вокруг действующего карьера [4, 5]. Актуальность данного исследования связана с тем, что в период снеготаяния все эти загрязнения будут разнесены талыми водами по окружающей территории и в конечном итоге попадут в поверхностные водоемы и водотоки, загрязняя воду и донные отложения и оказывая негативное воздействие на водных обитателей [6, 7].

Материалы и методы исследования

В марте 2023 г., то есть в конце зимнего периода накопления снегового материала, были отобраны 12 проб снега. На рис. 1 показан участок исследования и места отбора проб. Пробы были отобраны по четырем лучам, направленным от центра карьера на северо-восток, юго-восток, северо-запад

и юго-запад, на расстояниях 250, 500 и 750 м от границ карьера. Пробы отбирали непосредственно в лесу, не менее чем в 100 м от дорог, учитывая то, что поток транспорта в данном месте незначительный. Координаты точек отбора привязывались по GPS.

На каждой точке пробы снега отбирались методом «конверта» с площадки 5 x 5 м в пластиковые ведра с помощью пропиленового совка. Глубина отбора проб определялась мощностью снегового покрова, которая составляла от 54 до 76 см. Нижние 5 см не опробовались, чтобы исключить попадание частиц растительности, дерна и почвы в пробу снега. Затем составлялась смешанная проба уплотненного снега объемом 1 л.

Далее пробы снега транспортировали в лабораторию и растапливали в емкостях, в которые он был отобран, при температуре 20 °С. Непосредственно в талой воде измерялись значения общей минерализации и водородного показателя с помощью кондуктометра Mettler Toledo FiveGo F3 и pH-метра Hanna Instruments 9124.

Для анализа растворимой формы тяжелых металлов пробы талой воды отфильтровывали через ацетатную целлюлозу с размером пор 0,45 мкм в полипропиленовые пробирки с крышкой емкостью 50 мл, консервировали особо чистой азотной кислотой и передавали на анализ. Для того чтобы отфильтровать нерастворенные частицы, использовали предварительно взвешенный и высушенный в сушильном шкафу фильтр «синяя лента» диаметром 90 мм. Фильтрацию проводили при помощи вакуумного насоса на воронке Бюхнера. Затем фильтр высушивали в сушильном шкафу при 105 °С, помещали в эксикатор для стабилизации массы, взвешивали и вычисляли массу осадка. В последующем фильтры, содержащие нерастворимые (твердые) фракции, обрабатывали кислотной экстракцией растворением в 2 мл азотной кислоты и 1 мл перекиси водорода в закрытых тefлоновых чашках при 95 °С. Концентрации металлов во фракции взвешенных (нерастворенных) частиц снега относили к отфильтрованному объему водного эквивалента.

Определялись в обеих фракциях Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Mo, Pb, V, As, Sb, Fe, U. Оба вида анализа проводились в ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова методом ИСП-МС (прибор Aurora Elite фирмы Bruker Daltonics, Inc) с погрешностью $\pm 0,005$ мкг/л.



Условные обозначения:

- Горный отвод карьера
- Площадь ведения горных работ
- №2** Номер направления отбора проб снежного покрова
- Шурф отбора проб снежного покрова
- Ш-2-750 Имя шурфа отбора проб снежного покрова

Координаты шурфов:

Имя	N	E
1-250	64 124196894	42 663686945
1-500	64 125894596	42 667069250
1-750	64 127687354	42 670442728
2-250	64 112274447	42 660649084
2-500	64 110890169	42 664703518
2-750	64 109509408	42 668746920
3-250	64 111764204	42 638934856
3-500	64 110072713	42 635569624
3-750	64 108380886	42 632204268
4-250	64 120944140	42 635387136
4-500	64 122327973	42 631346551
4-750	64 123718375	42 627286018

Рис. 1. Схема расположения шурфов для отбора проб снега на карьере гипса

Результаты исследования и их обсуждение

Значения суммарной концентрации тяжелых металлов, за исключением Ti, Fe, в нерастворимой форме колеблются в интервале от 0,066 мкг/л (проба Ш 3-500-F) до 1,774 мкг/л (проба Ш 4-500-F). В сумме с содержаниями Ti и Fe эти показатели вырастают от 0,491 мкг/л в пробе Ш

3-500-F до 9,831 мкг/л в пробе Ш 2-250-F (табл. 1).

Значения суммарной концентрации тяжелых металлов, за исключением Ti, Fe, в растворимой форме колеблются в интервале от 17,9 мкг/л (проба Ш 2-250-F) до 42,7 мкг/л (проба Ш 1-250-F). В сумме с содержаниями Ti и Fe эти показатели вырастают от 23,8 мкг/л (проба Ш 4-750-F) и до 67,1 мкг/л (проба Ш 1-250-F) (табл. 2).

Таблица 1

Содержание нерастворимой формы тяжелых металлов в пробах снега на карьере гипса, мкг/л

Пробы	Ti	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Mo	Pb	V	As	Sb	Fe	Σ (без Ti, Fe)	Σ
III 1-250-F	0,00	0,01	0,06	0,00	0,09	0,02	0,06	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,36	0,25	0,61
III 2-250-F	0,21	0,02	0,33	0,08	0,00	0,05	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,89	0,74	9,83
III 3-250-F	0,12	0,02	0,22	0,03	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	3,22	0,38	3,72
III 4-250-F	0,12	0,01	0,27	0,03	0,01	0,03	0,14	0,00	0,00	0,10	0,00	0,01	0,00	3,17	0,61	3,89
III 1-500-F	0,15	0,01	0,17	0,03	0,01	0,02	0,36	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	3,06	0,62	3,83
III 2-500-F	0,04	0,01	0,06	0,01	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	1,23	0,20	1,46
III 3-500-F	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,41	0,07	0,48
III 4-500-F	0,20	0,03	0,29	0,04	0,04	0,04	1,24	0,00	0,03	0,05	0,00	0,02	0,00	4,18	1,77	6,16
III 1-750-F	0,00	0,00	0,30	0,04	0,00	0,04	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,37	1,44	5,81
III 2-750-F	0,05	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	0,13	1,77
III 3-750-F	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,51	0,30	2,80
III 4-750-F	0,04	0,01	0,07	0,01	0,01	0,02	0,10	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,23	1,25
Сумма	0,93	0,12	2,04	0,29	0,19	0,29	3,44	0,00	0,04	0,27	0,00	0,03	0,00	33,98	6,75	41,62

Таблица 2

Содержание растворимой формы тяжелых металлов в пробах снега на карьере гипса, мкг/л

Пробы	Ti	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Mo	Pb	V	As	Sb	Fe	Σ (без Ti, Fe)	Σ
III 1-250-F	3,30	10,10	3,10	0,50	0,00	6,90	11,80	0,00	0,00	8,90	0,00	0,30	1,10	21,10	42,70	67,10
III 2-250-F	0,10	1,10	2,00	0,10	0,00	1,10	2,70	0,40	4,80	0,00	2,10	1,30	2,30	6,70	17,90	24,70
III 3-250-F	0,30	1,10	7,00	0,40	0,00	0,90	10,00	0,40	5,10	0,00	2,10	1,30	2,30	6,30	30,60	37,20
III 4-250-F	0,30	1,10	9,20	0,20	0,00	0,80	5,60	0,40	5,50	1,60	2,00	1,20	2,00	4,90	29,60	34,80
III 1-500-F	0,00	1,10	4,60	0,20	0,00	0,90	9,00	0,40	5,70	1,20	2,20	1,20	1,90	12,80	28,40	41,20
III 2-500-F	0,40	1,30	1,20	0,20	0,00	1,00	5,00	0,40	5,90	1,60	2,10	1,30	2,30	7,60	22,30	30,30
III 3-500-F	0,40	1,30	1,30	0,40	0,50	0,90	2,40	0,50	6,10	5,10	2,20	1,50	2,20	7,90	24,40	32,70
III 4-500-F	0,50	1,10	7,80	0,30	0,70	0,80	9,50	0,50	5,60	1,60	2,20	1,20	2,20	4,70	33,50	38,70
III 1-750-F	0,40	1,00	5,90	0,20	0,70	0,80	7,10	0,40	5,60	1,90	2,20	1,10	2,10	5,00	29,00	34,40
III 2-750-F	0,40	1,00	1,00	0,30	0,40	1,00	3,20	0,40	5,60	1,90	2,10	1,20	2,50	4,90	20,60	25,90
III 3-750-F	0,40	1,20	5,10	0,30	0,60	0,90	9,70	0,40	5,60	2,80	2,10	1,30	2,40	4,10	32,40	36,90
III 4-750-F	0,40	0,90	0,80	0,00	0,70	0,70	2,90	0,40	6,20	0,00	2,30	1,40	2,10	5,00	18,40	23,80
Сумма	6,90	22,30	49,00	3,10	3,60	16,70	78,90	4,60	61,70	26,60	23,60	14,30	25,40	91,00	329,80	427,70

Валовая концентрация варьирует в пределах от 25,05 мкг/л в точке Ш 4-750-F до 67,71 мкг/л в точке Ш 1-250-F. Относительно высокие значения отмечаются в точках, находящихся ближе к карьере: пробы Ш 1-250-F (67,71 мкг/л), Ш 1-500-F (45,03 мкг/л). Наиболее низкие значения отмечены в точках Ш 2-750-F (27,67 мкг/л) и Ш 4-750-F (25,05 мкг/л) (табл. 3, рис. 2).

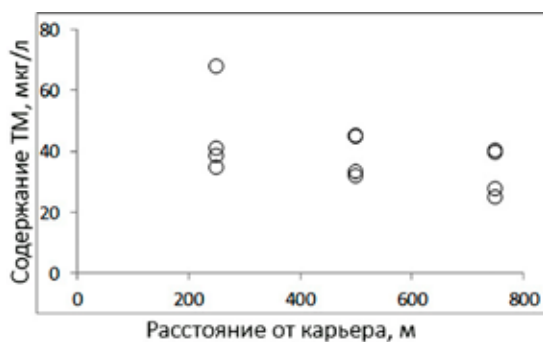


Рис. 2. Распределение валовых концентраций тяжелых металлов (ТМ) в снеге в зависимости от расстояния до карьера

Полученные в данном исследовании результаты показали, что в снежном покрове ландшафтов в зоне влияния разработки месторождения гипса преобладают водорастворимые микроэлементы. Массовая доля элементов в составе нерастворимой фракции талой воды для данных элементов значимо меньше (рис. 3).

Если мы обратим внимание на добычу гипсового камня, то здесь можно отметить, что на всем протяжении горных работ образуется мелкодисперсная гипсовая пыль (буровые, взрывные работы, процессы дробления и классификации гипсового камня, а также погрузка в транспортные сосуды и транспортировка). Данная пыль абсорбирует на себе подвижные формы металлов, образующиеся при производственных процессах.

Содержания тяжелых металлов в снежном покрове сравнивались с ПДК для объектов рыбохозяйственного значения [8] и для поверхностных вод [9] (табл. 4). На основе полученных данных превышение ПДК для объектов рыбохозяйственного значения было установлено по следующим металлам: Cu, Zn, Mo, Pb и V, также повышенное содержание в пределах от 0,5 до 1 ПДК зафиксировано по Mn для объектов рыбохозяйственного значения и Pb для поверхностных вод. На основе полученных удельных концентраций в моделирующей программе Surfer 8.0 построены пространственные

распределения микроэлементов на исследуемой территории (рис. 4).

Распределения демонстрируют неравномерность рассеяния микроэлементов Mn, Zn, Cu, Mo, Pb, V, обусловленное влиянием техногенных источников металлов горнодобывающего предприятия.

Вместе с тем концентрации марганца на уровне 10–15 мкг/л характерны для небольших рек Архангельской области, имеющих болотное питание [10]. Марганец, как и железо, принадлежит к числу элементов, окисленные формы которых гораздо менее растворимы, чем восстановленные. Однако для окисления марганца необходимы гораздо большие значения окислительно-восстановительного потенциала. Образование окисленных форм марганца в околонейтральных водах возможно только при $Eh > +600$ мВ [11]. По результатам анализов, Eh талых вод изменяется в интервале от 203 до 345 мВ (табл. 5). Кроме того, условиями, благоприятными для увеличения концентрации марганца в подземных водах, являются рост концентрации CO_2 и уменьшение pH, которое в талой воде составляет в среднем 5,11, изменяясь от 3,71 до 8,35 (табл. 5). Низкая минерализация талых вод (3,13–6,23 мкг/л) (табл. 5) обуславливает их высокую неравновесность по отношению практически ко всем минералам осадочных пород района, содержащих марганец в качестве примеси.

Молибден также может иметь природное происхождение и переходить в воду за счет выщелачивания из алюмосиликатных пород (Na-монтмориллонита, альбита) [6]. В Мурманской области установлено широкое распространение молибдена в рудах Хибинского горного массива [12]. Повышенные его концентрации характерны и для поверхностных вод [13]. Общеизвестно, что в последний ледниковый период продукты выветривания пород Балтийского щита были перенесены на территорию Архангельской области и отложены в виде сплошного покрова моренных суглинков с галькой и валунами кислых и основных пород. Нужно также отметить, что критерии качества воды для молибдена для защиты пресноводных организмов находятся в диапазоне от 73 мкг/л в Канаде до 19 мкг/л в Неваде, США [6].

Влияние Мурманской области отмечается и в отношении меди, где она в большом количестве поступает в атмосферу в результате деятельности медно-никелевых комбинатов в городах Мончегорск и Никель [14].

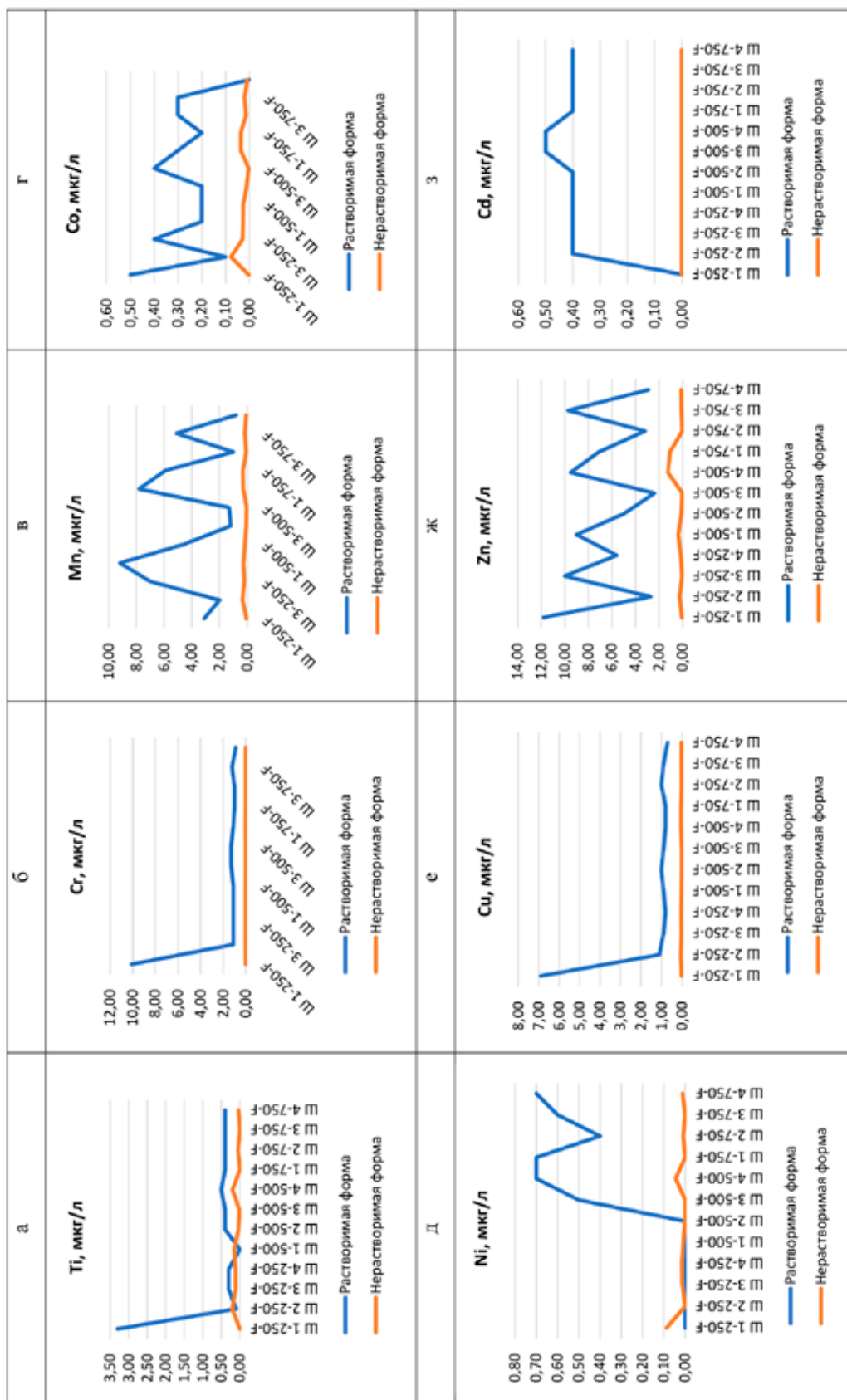
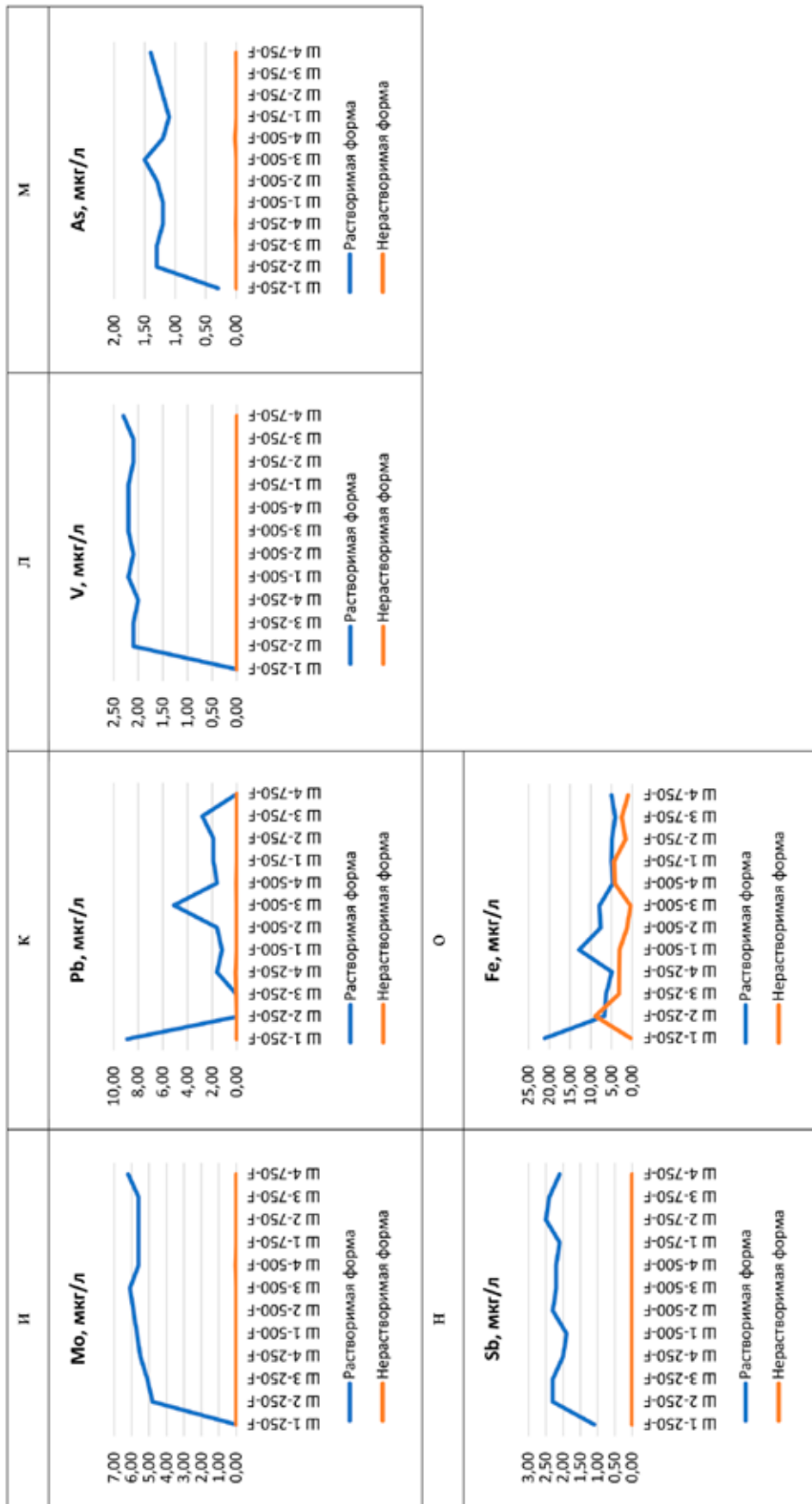


Рис. 3. Графики зависимости содержания тяжелых металлов между растворимой и нерастворимой формами в точках отбора проб снега вокруг месторождения гипса в Холмогорском районе Архангельской области, мкг/л



Продолжение рис. 3. Графики зависимости содержания тяжелых металлов между растворимой и нерастворимой формами в точках отбора проб снега вокруг месторождения гитсы в Холмогорском районе Архангельской области, мкг/л

Таблица 3

Валовое содержание растворимой и нерастворимой форм тяжелых металлов в пробах снега на карьере гипса, мкг/л

Пробы	Ti	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Mo	Pb	V	As	Sb	Fe	Σ (без Ti, Fe)	Σ
Ш 1-250-F	3,30	10,11	3,16	0,50	0,09	6,92	11,86	0,00	0,00	8,92	0,00	0,30	1,10	21,46	42,95	67,71
Ш 2-250-F	0,31	1,12	2,33	0,18	0,00	1,15	2,95	0,40	4,80	0,00	2,10	1,30	2,30	15,59	18,64	34,53
Ш 3-250-F	0,42	1,12	7,22	0,43	0,01	0,92	10,03	0,40	5,10	0,05	2,10	1,30	2,30	9,52	30,98	40,92
Ш 4-250-F	0,42	1,11	9,47	0,23	0,01	0,83	5,74	0,40	5,50	1,70	2,00	1,21	2,00	8,07	30,21	38,69
Ш 1-500-F	0,15	1,11	4,77	0,23	0,01	0,92	9,36	0,40	5,70	1,22	2,20	1,20	1,90	15,86	29,02	45,03
Ш 2-500-F	0,44	1,31	1,26	0,21	0,00	1,01	5,10	0,40	5,90	1,62	2,10	1,30	2,30	8,83	22,50	31,76
Ш 3-500-F	0,41	1,30	1,33	0,40	0,50	0,90	2,41	0,50	6,10	5,12	2,20	1,50	2,20	8,31	24,47	33,18
Ш 4-500-F	0,70	1,13	8,09	0,34	0,74	0,84	10,74	0,50	5,63	1,65	2,20	1,22	2,20	8,88	35,27	44,86
Ш 1-750-F	0,40	1,00	6,20	0,24	0,70	0,84	8,16	0,40	5,60	1,90	2,20	1,10	2,10	9,37	30,44	40,21
Ш 2-750-F	0,45	1,01	1,07	0,31	0,41	1,01	3,21	0,40	5,60	1,90	2,10	1,20	2,50	6,50	20,73	27,67
Ш 3-750-F	0,40	1,20	5,27	0,32	0,60	0,92	9,78	0,40	5,60	2,80	2,10	1,30	2,40	6,61	32,70	39,70
Ш 4-750-F	0,44	0,91	0,87	0,01	0,71	0,72	3,00	0,40	6,21	0,00	2,30	1,40	2,10	5,98	18,63	25,05
Сумма	7,83	22,42	51,04	3,39	3,79	16,99	82,34	4,60	61,74	26,87	23,60	14,33	25,40	124,98	336,55	469,32

Таблица 4

Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах, используемых для рыбохозяйственных целей и для хозяйственно-питьевого водоснабжения, мкг/л

Проба	Ti	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Mo	Pb	V	As	Sb	Fe
ПДК в воде для объектов рыбохозяйственного значения, мкг/л	60	20	10	10	10	1	10	5	1	6	1	50	-	100
ПДК в воде для поверхностных вод, мкг/л	100	500	10	10	20	1000	1000	1	250	10	100	10	50	300
Класс опасности	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	1	2	3

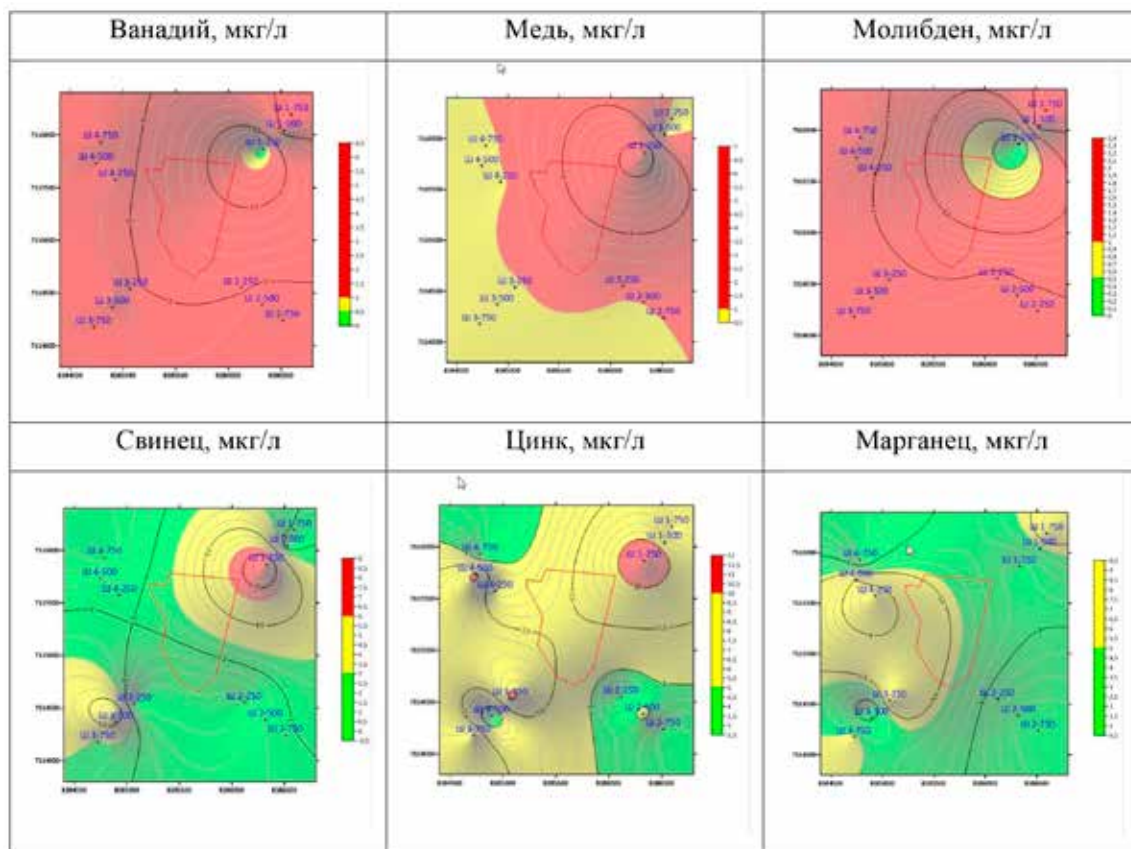


Рис. 4. Пространственные распределения тяжелых металлов в точках отбора проб снега вокруг месторождения гипса в Холмогорском районе Архангельской области, мкг/л
Красным цветом показаны превышения ПДК для рыбохозяйственных водоемов

Таблица 5

Физико-химические показатели состава талой воды

Шифр	TDS, мг/л	ЕС, мкСм	pH	Eh, мВ
Ш 1-250-F	6,23	13,36	7,58	270,00
Ш 2-250-F	4,28	9,27	4,04	331,00
Ш 3-250-F	3,76	8,22	4,57	306,00
Ш 4-250-F	4,83	10,88	3,72	345,00
Ш 1-500-F	4,70	10,19	5,83	257,00
Ш 2-500-F	3,42	7,40	4,55	308,00
Ш 3-500-F	5,97	12,96	8,35	203,00
Ш 4-500-F	4,11	8,91	5,49	255,00
Ш 1-750-F	5,22	11,29	3,71	335,00
Ш 2-750-F	3,33	7,22	4,23	320,00
Ш 3-750-F	3,59	8,13	4,24	320,00
Ш 4-750-F	3,13	6,75	5,12	293,00
Среднее	4,38	9,55	5,12	295,25
Min	3,13	6,75	3,71	203,00
Max	6,23	13,36	8,35	345,00

Техногенная природа повышенных концентраций свинца, ванадия и цинка наиболее предпочтительна в исследованном районе [15].

Заключение

Выполненные исследования показали, что концентрации тяжелых металлов в пробах снега вокруг разрабатываемого карьера гипсов убывают в следующей последовательности: Fe > Zn > Mo > Mn > Pb > Sb > V > Cr > Cu > As > Ti > Ni > Co. В растворимой форме концентрации практически всех элементов были значительно выше, чем в нерастворимой. Концентрации меди, цинка, молибдена, свинца и ванадия в растворимой форме превышали ПДК для объектов рыбохозяйственного значения. В одной из проб содержание свинца было около ПДК для водоемов, используемых для хозяйственно-бытовых нужд.

Предварительный анализ показал, что марганец может иметь природное происхождение, а молибден и медь связаны с разработкой месторождений полезных ископаемых Кольского полуострова (атмосферный перенос). Техногенная природа повышенных концентраций свинца, ванадия и цинка наиболее предпочтительна за счет их источников непосредственно в исследованном районе.

В дальнейшем планируются исследования в летний период распределения концентраций тяжелых металлов в поверхностных водах, донных отложениях и почве вокруг разрабатываемого карьера.

Список литературы

- Ahmadi S., Jahanshahi R., Moeini V. et al. Assessment of hydrochemistry and heavy metals pollution in the groundwater of Ardestan mineral exploration area, Iran // *Environ. Earth. Sci.* 2018. Vol. 77. P. 212. DOI: 10.1007/s12665-018-7393-7.
- Çimen O., Öztüfekçi Önal A., Akyol E.A. Assessment of pollution potential of the Hasangazi chromite pit (Tunceli, Turkey): implications for the natural environment // *Environ. Earth. Sci.* 2018. Vol. 77. P. 199. DOI: 10.1007/s12665-018-7391-9.
- De Carvalho Filho C.A., Moreira R.M., Branco O.E. et al. Combined hydrochemical, isotopic, and multivariate statistics techniques to assess the effects of discharges from a uranium mine on water quality in neighboring streams // *Environ. Earth. Sci.* 2017. Vol. 76. P. 830. DOI: 10.1007/s12665-017-7165-9.
- Vijayan A., Osterlund H., Marsalek J., Viklander M. Laboratory Melting of Late-Winter Urban Snow Samples: The Magnitude and Dynamics of Releases of Heavy Metals and PAHs // *Water, Air, & Soil Pollution*. 2019. P. 182–202. DOI: 10.1007/s11270-019-4201-2.
- Siudek P., Frankowski M., Siepak J. Trace element distribution in the snow cover from an urban area in central Poland // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 187, Is. 5. P. 225–235. DOI: 10.1007/s10661-015-4446-1.
- Malov A.I. Transformation of the chemical composition of surface waters in the area of the exploited Lomonosov diamond deposit (NW Russia) // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018. Vol. 25. P. 33620–33636. DOI: 10.1007/s11356-018-3308-0.
- Yakovlev E.Yu., Malov A.I., Druzhinin S.V., Zыkov S.B., Malkov A.V., Bedrina D.D. Heavy metals distribution and environmental risk assessment in river sediments in the area of the Lomonosov diamond deposit (NW Russia) // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2020. Vol. 27. P. 35392–35415. DOI: 10.1007/s11356-020-09809-7.
- ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Минздрав России. М., 2003.
- Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды для объектов водного рыболовства, в том числе норм предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в водах объектов водного рыболовства».
- Malov A.I., Sidkina E.S., Ryzhenko B.N. Model of the Lomonosov Diamond Deposit as a Water–Rock System: Migration Species, Groundwater Saturation with Rock-Forming and Ore Minerals, and Ecological Assessment of Water Quality. *Geochem. Int.* 2017. Vol. 55–12. P. 1118–1130. DOI: 10.1134/S0016702917090038.
- Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швеиц В.М. Геохимия подземных вод. М.: Наука, 2012.
- Яковенчук В.З., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П. Минералы Хибинского массива. М.: Земля, 1999.
- Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П., Иглин С.М. Экологическая ситуация в устьевой области реки Северной Двины (Белое море) // *Успехи современного естествознания*. 2020. № 5. С. 121–129.
- Малов А.И. Оценка фонового состояния и антропогенного загрязнения тяжелыми металлами почв и донных отложений Юго-Восточного Беломорья // *Геозология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология*. 2000. № 2. С. 144–149.
- Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П., Иглин С.М. Экологическая ситуация в устьевой области реки Северной Двины (Белое море). *Успехи современного естествознания*. 2020. № 5. С. 121–129.
- Малов А.И. Оценка фонового состояния и антропогенного загрязнения тяжелыми металлами почв и донных отложений Юго-Восточного Беломорья // *Геозология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология*. 2000. № 2. С. 144–149.

УДК 91:630:528.7
DOI 10.17513/use.38117

ЦИФРОВОЙ МОНИТОРИНГ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗАЩИТНЫХ ЗОНАХ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Рада А.О., Кузнецов А.Д., Акулов А.О., Зверев Р.Е.

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

Для современной биогеографии важны точные и экономичные цифровые решения, позволяющие получить правильную картину географического распределения растений, в частности леса. Цифровая таксация и создание цифровых двойников лесов позволяет принимать оптимальные решения по управлению ими. Так, при расчистке защитных полос линейных объектов инфраструктуры, таких как линии электропередач, важно минимизировать вырубку деревьев. Цель исследования – оценка применения цифровой таксации древесно-кустарниковой растительности в зонах линейных объектов инфраструктуры на основе аэрофотосъемки с беспилотного воздушного судна. В результате работ выявлено, что цифровой метод позволяет точно идентифицировать наличие и высоту древесно-кустарниковой растительности в защитных зонах, получить точные географические координаты для планирования работ по расчистке. В настоящее время площади территории, на которых необходимо удалить древесно-кустарниковую растительность, определяются вручную с завышением от 25 до 50%. Поэтому использование метода цифровой таксации позволяет сохранить до 0,8 га древесно-кустарниковой растительности на 1 км протяженности линии электропередачи, а также экономить около 27 тыс. руб. на 1 км при проведении работ по расчистке охранных зон.

Ключевые слова: лесные ресурсы, древесно-кустарниковая растительность, биогеография, защитные зоны линий электропередач, беспилотные воздушные суда, аэрофотосъемка, цифровая таксация

Работа выполнена в рамках соглашения № 075-15-2022-1195 от 30.09.2022, заключенного между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

DIGITAL MONITORING WOOD AND SHRUBS IN PROTECTIVE ZONES OF LINEAR INFRASTRUCTURE OBJECTS

Rada A.O., Kuznetsov A.D., Akulov A.O., Zverev R.E.

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

For modern biogeography, accurate and cost-effective digital solutions are important to obtain a correct picture of the geographical distribution of plants, in particular forests. Digital taxation and creation of digital twins of forests allows you to make optimal decisions on their management. Thus, when clearing protective strips of linear infrastructure facilities, such as power lines, it is important to minimize tree cutting. The purpose of the study is the feasibility of using digital taxation of trees and shrubs in areas of linear infrastructure facilities based on aerial photography from an unmanned aerial vehicle. As a result of the work, it was revealed that the digital method makes it possible to accurately identify the presence and height of tree and shrub vegetation in protective zones, and obtain precise geographic coordinates for planning clearing work. Currently, the areas of the territory where it is necessary to remove tree and shrub vegetation are determined manually with an overestimation of 25–50%. Therefore, the use of the digital taxation method makes it possible to preserve up to 0.8 hectares of tree and shrub vegetation per 1 km of power line length, and also save about 27 thousand rubles. by 1 km when carrying out work to clear security zones.

Keywords: forest resources, trees and shrubs, biogeography, protective zones of power lines, unmanned aerial vehicles, aerial photography, digital taxation

The work was carried out within the framework of agreement No. 075-15-2022-1195 dated September 30, 2022, concluded between the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and Kemerovo State University.

Важнейший аспект устойчивого развития на глобальном уровне – не только сокращение выбросов парниковых газов, но и сохранение, увеличение зеленых насаждений, которые активно поглощают оксид углерода (CO₂). Леса являются естественным резервуаром для CO₂, поскольку он активно поглощается в процессе фотосинтеза [1, 2]. Поэтому эффективное лесопользование очень важно для устойчивого развития. При

этом современное устойчивое лесоводство базируется на как можно более полных и детальных данных о наличии, площади, состоянии лесов [3].

Основой лесоустройства является таксация леса, история которой насчитывает более 300 лет. При этом важным направлением развития современной таксации является широкое использование цифровых технологий [4, 5]. В перспективе каж-

дый гектар леса может быть представлен в компьютерной среде в виде цифрового двойника, с исчерпывающей информацией о высоте, диаметре, длине ствола, площади сечения ствола, сбеге ствола. Цифровой двойник позволит принимать более верные решения об управлении лесами, быстро выявлять и пресекать незаконные рубки, находить участки с поражением вредителями, болезнями, немедленно выполнять конкретные действия по защите леса.

Однако цифровая таксация требует использования эффективных программно-аппаратных комплексов, которые включают в себя устройства сбора информации и их носители, средства для передачи и хранения информации, специализированное программное обеспечение. В настоящее время известен ряд программных и аппаратных решений для цифровой таксации, которые начинают постепенно использоваться в различных странах. Они позволяют создать модель «умных лесов».

Например, в Финляндии в 2012 г. начала работу общенациональная база данных о лесах «Metsaan.fi», где хранится информация о площадях, владельцах, состоянии лесов, созданы инструменты взаимодействия коммерческих организаций между собой и с правительством [6]. Получить цифровые копии всех лесов страны стремится Китай [7]. В большинстве случаев цифровой двойник леса создается путем дистанционного зондирования Земли и обработки полученных визуальных данных с использованием геоинформационной системы, хотя возможно получение детальных снимков каждого дерева [8].

Однако в целом внедрение цифровых технологий в сферу лесопользования далеко от завершения, существует много нерешенных вопросов. Сложность и неоднородность объектов наблюдения, важность детального измерения и учета различных параметров деревьев и кустарников, необходимость подбора эффективной технологии дистанционного зондирования требуют разработки соответствующих программно-аппаратных комплексов, чтобы удовлетворить специфические потребности таксации.

Одна из таких задач – таксация локальных участков леса или кустарниковой растительности для рубок вокруг линейных объектов инфраструктуры (трубопроводы, линии электропередач). В охранных зонах или на месте строительства промышленных объектов вынужденно проводится вырубка деревьев и зачистка кустарниковой

растительности, чтобы исключить падение деревьев на провода, их обрыв и возникновение пожаров. В настоящее время вырубка деревьев по трассам линий электропередач планируется только вручную. Это приводит к завышению необходимого объема рубки, что наносит как экологический, так и экономический ущерб (дополнительные непроизводительные расходы). Кроме того, сохранение растительности будет способствовать поглощению углерода и снижению углеродного следа.

По мнению авторов, использование цифровой таксации при эксплуатации линейных объектов инфраструктуры позволит сократить затраты операторов и сохранить значительное число деревьев. Для этого, в свою очередь, нужны программно-аппаратные комплексы, которые дают возможность создать цифровую копию каждого отдельного дерева, учитывая особенности объектов наблюдения. В исследовании М. Балси и др. рассматривается задача поиска отдельных деревьев в смешанных лесах, когда стандартная 3D-модель, характерная для определенного вида, сравнивается с данными, полученными по технологии лидара (от англ. LIDAR или LiDAR, Light Detection and Ranging) [9]. В первой половине 2010-х гг. именно лидары обычно применялись для обнаружения и идентификации деревьев [10], но затем стала использоваться обычная фотосъемка. Так, в работе О. Неваляинен и др. была использована фотограмметрия для идентификации отдельных деревьев, достигнута точность распознавания от 40 до 95% [11]. Исследование М. Мохан и др. демонстрирует возможность использования для съемки лесов и деревьев даже обычной потребительской камеры [12].

Однако существующие разработки предназначены для построения цифровых двойников многолетних лесов, естественной растительности и не соответствуют условиям защитных полос трубопроводов и линий электропередач. В этих местах обычно растет молодая поросль осины, ивы, березы, которые перемежаются кустарником. За 5–7 лет эти деревья достигают высоты 3–6 м. Традиционные методы съемки и цифровизации малоприменимы для таких участков. Кроме того, существующие программы не решают задачи планирования работ по расчистке. Поэтому цель исследования – оценка применения цифровой таксации древесно-кустарниковой растительности в зонах линейных объектов инфраструктуры.

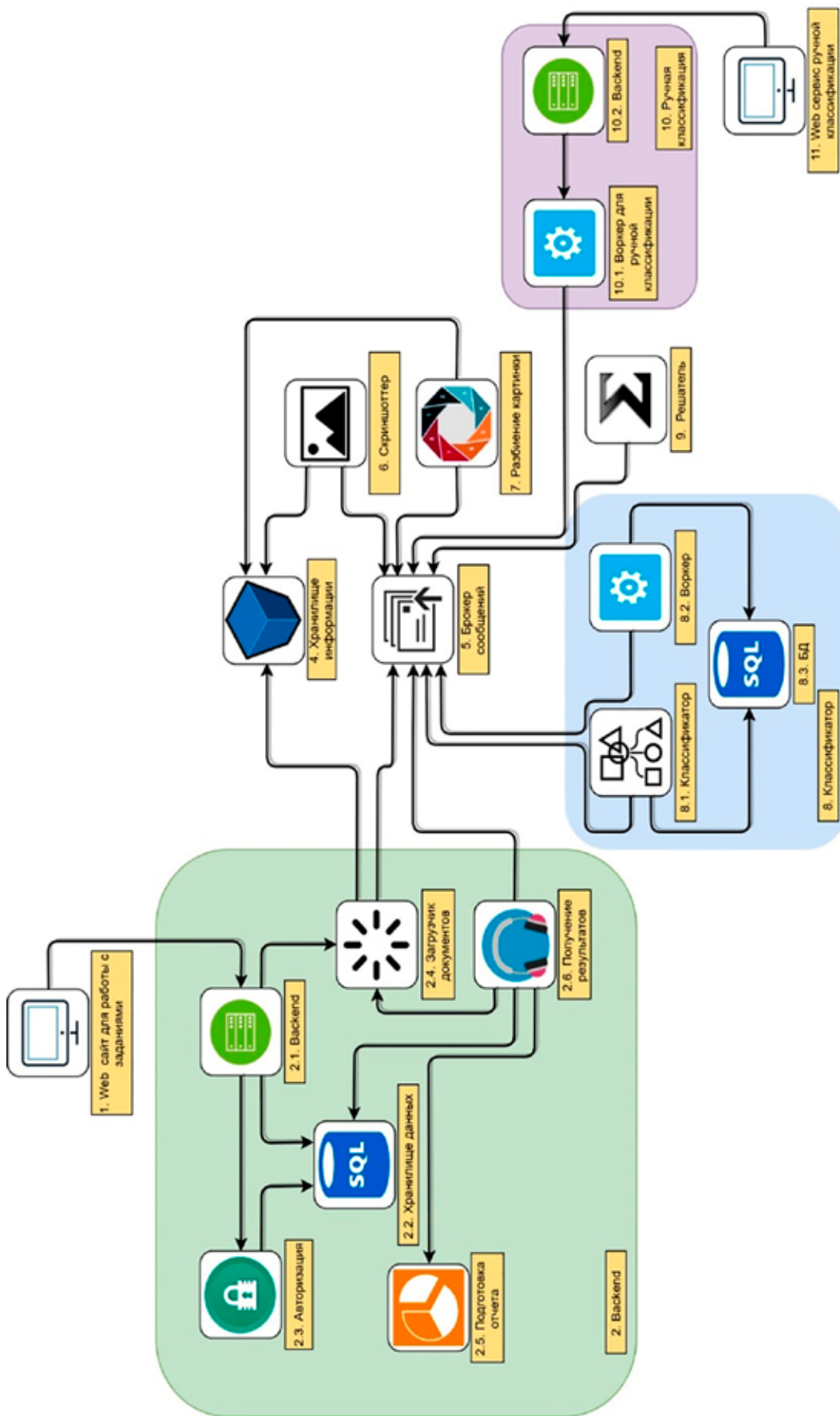


Рис. 1. Логическая схема программного комплекса для цифровой таксации

Материалы и методы исследования

В исследовании использованы аэрофотоснимки части территории Кемеровской области – Кузбасса, а также программный комплекс для классификации деревьев и кустарников по высоте, расчета площади залесенности, объемов деловой древесины, количества и плотности размещения деревьев и кустарников. Для обработки данных аэрофотосъемки использовалось программное обеспечение, основное отличие которого – возможность автоматического выполнения таксации путем обработки загруженных фотоснимков или видеоматериалов без участия пользователя и наличия у него специальных знаний. Поэтому при разработке использовалась нейросетевая технология, позволяющая распознавать образы и реализующая эффект самообучения. В качестве базовой технологии нейронной сети использован метод многослойного перцептрона и сети с самоорганизацией на основе конкуренции (сеть Кохонена).

Принцип работы комплекса – благодаря обучению нейросеть способна будет преобразовывать фотоснимки и (или) видеозаписи в набор параметров, характеризующих

растительность путем распознавания образов. К этим параметрам относятся высота деревьев (по достижению определенной высоты их нужно спиливать, чтобы предотвратить пожары и обрывы проводов), площадь кроны в квадратных метрах, плотность леса (кубических метров древесины на 1 га площади).

Работа комплекса выстроена по логической схеме, показанной на рис. 1. Пользователь работает непосредственно с сайтом, где реализован функционал для работы с фото- и видеоизображениями. Важнейший элемент программного комплекса – классификатор, он включает в себя сам классификатор, где функционирует сервис с нейронной сетью для классификации изображений деревьев и скрипт (воркер), который проверяет завершение процесса распознавания образа, отправляет массив данных в брокер сообщений. Предусмотрена также возможность ручной классификации, если нейросети не удастся автоматически распознать вид дерева. Изображения накапливаются в базе данных для машинного обучения нейросети. Физическая схема программного комплекса представлена на рис. 2.

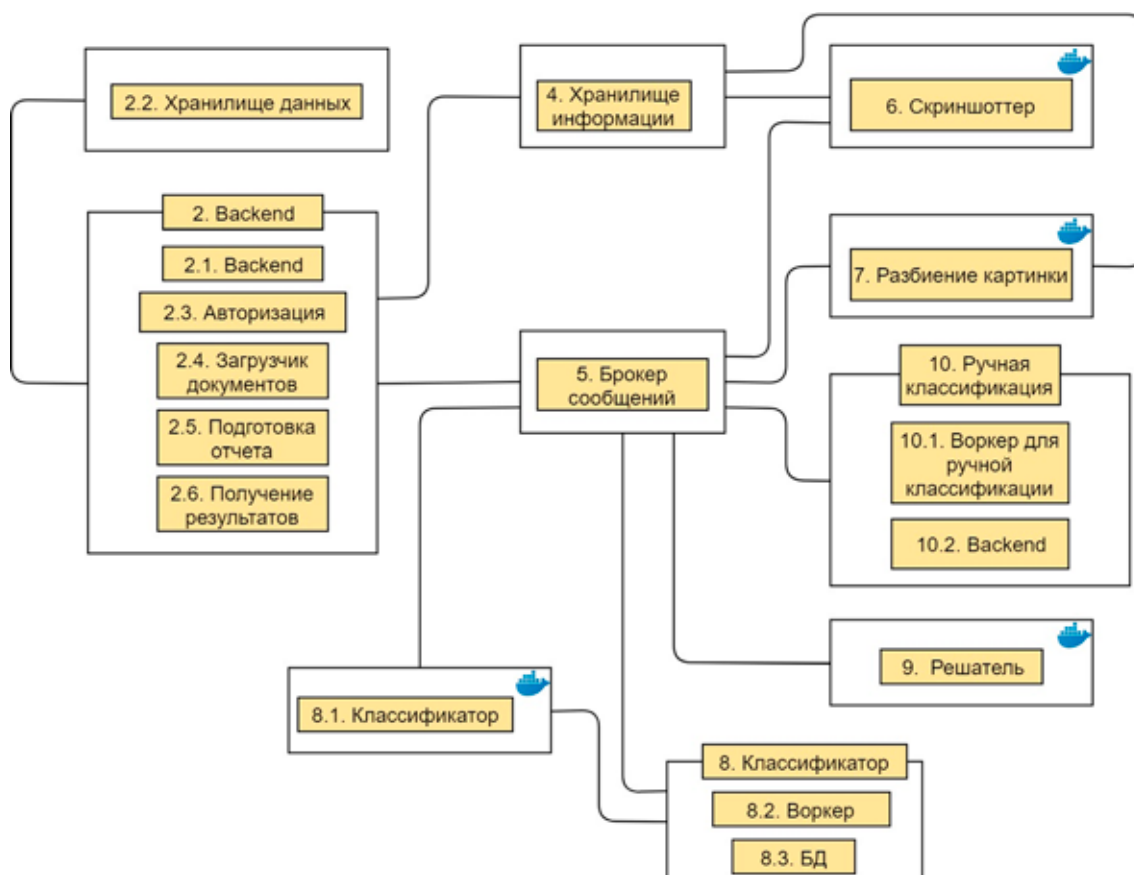


Рис. 2. Физическая схема программного комплекса

Она предусматривает физическое деление элементов программы для рационального использования различных элементов аппаратной части и снижения требований к вычислительным мощностям у самого пользователя. Наибольшую вычислительную мощность требует работа классификатора, максимальная емкость жесткого диска нужна для работы объектного хранилища. Конечный пользователь может использовать практически любой современный компьютер. Апробация программного комплекса показала, что он может работать без оператора и после загрузки фотоматериалов, видеоматериалов автоматически формировать готовый отчет. Автономность позволяет обрабатывать большое количество заказов в короткие сроки. Программный комплекс способен обрабатывать не менее 10000 фотографий за 24 ч до выдачи результата. Изображения могут храниться до 12 месяцев с момента загрузки. Это позволило авторам перейти к практическому выполнению работ по цифровой таксации после проведения обучения нейронной сети на материалах 10 тыс. снимков.

Результаты исследования и их обсуждение

Работа по цифровой таксации включала в себя несколько этапов. На подготовительном этапе проводится предпроектное исследование участка для определения возможности проведения аэрофотосъемки с БВС. На этом этапе определяются границы участка, изучается местность при помощи карт типа «Google Earth», оцениваются перепады рельефа, высота растительности, составляется и согласуется полетный маршрут, проводится сбор данных путем аэрофотосъемки с БВС и их обработка для получения ортофотоплана, цифровой модели поверхности и цифровой модели рельефа. После этого выполняется анализ залесенности. Для этого выполняются следующие действия.

1. Определяются точные границы охранной зоны линии электропередач по каждому пролету, точные координаты каждой опоры, проекция крайнего провода на земную поверхность (рис. 3). Это позволяет четко выделить границы территории, нуждающейся в расчистке, и исключить из рассмотрения те деревья, которые находятся вне ее границ. При традиционном способе планирования расчистки эти деревья обычно уничтожают, хотя в этом нет необходимости. Как видно из рис. 3, наибольшая концентрация

растительности наблюдается на северном участке линии электропередач.



Рис. 3. Определение точных границ охранной зоны участка линии электропередач при аэрофотосъемке с БВС

2. Проводится классификация древесно-кустарниковой растительности по высоте в соответствии с требованиями к защитным зонам. Пример классификации представлен на рис. 4. Серый цвет означает, что древесно-кустарниковая растительность имеет высоту менее 1 м, зеленый цвет соответствует высоте от 1 до 4 м. Синим цветом обозначается растительность высотой от 4 до 8 м, красным цветом – с высотой более 8 м. Эта классификация важна, поскольку позволяет определить, какую растительность необходимо будет ликвидировать в соответствии с высотой линии электропередач. В приведенном на рис. 4 примере видно, что в северной части снимка расположены деревья высотой более 8 м, что создает риск обрыва проводов и пожара.



Рис. 4. Классификация древесно-кустарниковой растительности по высоте после обработки снимков с БВС

3. Проводится программный расчет площади залесенности по классам древесно-кустарниковой растительности в зависимости от высоты. В приведенном примере 0,06 га занимает растительность высотой больше 8 м, 0,10 га – растительность высотой от 4 до 8 м, 0,32 га – растительность высотой от 1 до 4 м, 0,03 га занимает растительность высотой менее 1 м. На заключительном этапе исследования анализируются полученные результаты съемки, строится план работ по расчистке охранной зоны

линии электропередач. Результаты исследования показали, что при точном планировании расчистки на основе данных цифровой таксации объем работ снижается примерно в два раза по сравнению с традиционным ручным методом.

Следовательно, применяемый комплекс позволяет как получить положительный экономический эффект, так и сохранить определенное число деревьев. Объем сохраненной древесины рассчитывается по формуле

$$V = \sum_{i=1}^n \left(\frac{I}{100} \cdot S_p \right) \bar{H}, \quad (*)$$

где V – объем деловой древесины, м³; I – плотность лесного покрова на 1 пиксель кадра, процентов; S_p – площадь 1 пикселя, мм²; \bar{H} – средняя высота лесного покрова в границах обследуемой территории, м.

В частности, в приведенном на рис. 3 и 4 примере площадь древесной растительности, которую можно сохранить путем точного планирования расчистки, составляет до 0,8 га на 1 км протяженности линии электропередач. Объем сохраненной древесины, в соответствии с формулой (*), составит около 15 тыс. м³. При этом протяженность воздушных линий электропередач высокого напряжения в ПАО «Россети Сибирь» составляет около 250 тыс. км. Следовательно, экологический эффект от сохранения деревьев при масштабировании технологии цифровой таксации может быть очень значительным.

Экономический эффект цифровой таксации объясняется снижением затрат на ликвидацию древесно-кустарниковой растительности. Результаты аэрофотосъемки показали, что традиционный «глазомерный» метод планирования расчистки приводит к завышению объемов работ на 25–50% (по площади). По опубликованным данным о закупках работ по расчистке охранных полос линий электропередачи в Омской области на линии протяженностью 168,4 км расчистка проводилась на площади 342,03 га. Стоимость работ составила 10729,1 тыс. руб. При использовании цифровой таксации площадь расчистки может быть снижена до 171,02 га. Соответственно, расходы на проведение работ пропорционально сократятся на 50% – до 5364,5 тыс. руб.

Затраты на проведение цифровой таксации, по оценкам Института цифры Кемеровского государственного университета, который оказывает услуги по беспилотной аэрофотосъемке, около 5 тыс. руб. за 1 км.

Соответственно, обследование линии электропередач протяженностью 168,4 км будет стоить 842 тыс. руб. Таким образом, чистое снижение затрат составит 4522,5 тыс. руб. На уровне ПАО «Россети» в целом укрупненный экономический эффект может составить 2,0–2,5 млрд руб., учитывая, что на расчистку охранных зон компания ежегодно тратит более 5 млрд руб.

Заключение

Исследование, проведенное в рамках свода работ, выполненных по результатам мониторинга лесов проекта «Геоинформационная система цифрового регионального управления», было направлено на решение одной из задач устойчивого развития – сохранение растительности при расчистке защитных полос линейных объектов инфраструктуры на основе цифровой таксации. Был использован новый программный продукт для цифровой таксации на основе данных аэрофотосъемки. Основными его составляющими являются классификатор, работающий с использованием технологии нейронной сети, воркер, брокер сообщений. Использование программного комплекса для обработки данных съемки с БВС позволяет конечному пользователю без специальных знаний и навыков получать отчеты о результатах таксации и на их основе проводить точное планирование работ по расчистке защитных полос.

Апробация программно-аппаратного комплекса показала, что решена задача таксации древесно-кустарниковой растительности в защитной зоне. Это позволяет четко фиксировать необходимые границы территории, где нужно ликвидировать растительность, определять высоту растительности и необходимость ее вырубки. Все результаты съемки в программе хорошо визуализируются и воспринимаются пользователями. Результаты цифровой таксации позволяют точно определить необходимый объем вырубки. Он на 25–50% ниже, чем при планировании расчистки защитных зон традиционным способом (глазомерным). Использование цифровой таксации компаниями, эксплуатирующими линии электропередач и другие линейные объекты, дает экологический и экономический эффект. Можно сохранить до 0,8 га древесно-кустарниковой растительности на 1 км протяженности линии передач, а также сэкономить около 27 тыс. руб. на расчистку охранной зоны на протяжении 1 км линии передач.

Список литературы

1. Popkin G. The forest question. Trees are supposed to slow global warming, but growing evidence suggests they might not always be climate saviors // *Nature*. 2019. Vol. 565, Is. 7739. P. 280–282. DOI: 10.1038/d41586-019-00122-z.
2. Harris N.L., Gibbs D.A., Baccini A., Birdsey R.A., de Bruin S. et. al. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes // *Nature Climate Change*. 2021. Vol. 11. P. 234–240. DOI: 10.1038/s41558-020-00976-6.
3. Bespalova V., Gedio V., Polyanskaya O., Shaitarova O., Tereschenko S. Sustainable forest management is one of Russia's economic problems // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 316. Article no. 012086. DOI: 10.1088/1755-1315/316/1/012086.
4. Gabrys J. Smart forests and data practices: from the Internet of Trees to planetary governance // *Big Data & Society*. 2020. Vol. 7, Is. 1. P. 1–10. DOI: 10.1177/2053951720904871.
5. Nitoslawski S.A., Wong-Stevens K., Steenberg J.W., Witherspoon K., Nesbitt L. et. al. The digital forest: Mapping a decade of knowledge on technological applications for forest ecosystems // *Earth's Future*. 2021. Vol. 9, Is. 8. Article no. e2021EF002123. DOI: 10.1029/2021EF002123.
6. Pynnönen S., Haltia E., Hujala T. Digital forest information platform as service innovation: Finnish Metsaan.fi service use, users and utilization // *Forest Policy and Economics*. 2021. Vol. 125. Article no. 102404. DOI: 10.1016/j.forpol.2021.102404.
7. Tang L., Shao G., Dai L. Roles of digital technology in China's sustainable forestry development // *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2009. Vol. 16, Is. 2. P. 94–101. DOI: 10.1080/13504500902794000.
8. Vagizov M.R., Istomin E.P., Mikheev V.L., Potapov A.P., Yagotinceva N.V. Visual digital forest model based on a remote sensing data and forest inventory data // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13, Is. 20. Article no. 4092. DOI: 10.3390/rs13204092.
9. Balsi M., Esposito S., Fallavollita P., Nardinocchi C. Single-tree detection in high-density LiDAR data from UAV-based survey // *European Journal of Remote Sensing*. 2018. Vol. 51, Is. 1. P. 679–692. DOI: 10.1080/22797254.2018.1474722.
10. Zhen Z., Quackenbush L.J., Zhang L. Trends in automatic individual tree crown detection and delineation – evolution of LiDAR data // *Remote Sensing*. 2016. Vol. 8, Is. 4. Article no. 333. DOI: 10.3390/rs8040333.
11. Nevalainen O., Honkavaara E., Tuominen S., Viljanen N., Hakala T. et. al. Individual tree detection and classification with UAV-based photogrammetric point clouds and hyperspectral imaging // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9, Is. 3. Article no. 185. DOI: 10.3390/rs9030185.
12. Mohan M., Silva C.A., Klauberg C., Jat P., Catts G. et. al. Individual tree detection from unmanned aerial vehicle (UAV) derived canopy height model in an open canopy mixed conifer forest // *Forests*. 2017. Vol. 8, Is. 9. Article no. 340. DOI: 10.3390/f8090340.

СТАТЬИ

УДК 911.9:502

DOI 10.17513/use.38118

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ
УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО
УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИИ)****Николаева Н.А.**

*ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»,
обособленное подразделение Института физико-технических проблем Севера имени
В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: nna0848@mail.ru*

Республика Саха (Якутия) относится к зоне Севера, богатой природными ресурсами. Отличительными от других территорий особенностями являются крайне суровые климатические условия, неблагоприятные как для проживания населения, так и для ускоренного развития промышленности, строительства, транспорта, сельского хозяйства. Современные экономические условия диктуют необходимость интенсификации освоения топливно-энергетических ресурсов, а также их экспорта, что приводит к обострению экологических проблем, в том числе к загрязнению окружающей среды. Наиболее значительный вклад в этот процесс вносит топливно-энергетический комплекс, что обуславливает актуальность проведения исследований по минимизации последствий нарушения экологического баланса территорий промышленного освоения. Регион характеризуется особыми условиями экологически рискованного природопользования, среди которых первостепенное значение имеют низкие устойчивость ландшафтов и их восстановительная способность. В статье дана оценка степени устойчивости к техногенному воздействию ландшафтов Сыллахского и Верхне-Талуминского месторождений, расположенных в Южной Якутии на территории Южно-Якутского угольного бассейна. Степень устойчивости произведена сочетанием методов ранжирования и балльной оценки на картографической основе. Полученная оценка устойчивости ландшафтов Сыллахского месторождения позволила отнести их к ландшафтам с различными степенями устойчивости, от относительно устойчивых и среднеустойчивых к относительно неустойчивым, в зависимости от сочетания основных факторов формирования ландшафтов – мерзлотных и биоклиматических показателей. Оценка устойчивости ландшафтов Верхне-Талуминского месторождения позволила определить их как относительно неустойчивые, несмотря на то, что по биоклиматическим показателям ландшафты оценены как более устойчивые. По совокупности же мерзлотных показателей, обуславливающих их неустойчивость, данные природные комплексы отнесены к относительно неустойчивым.

Ключевые слова: Южная Якутия, угольное месторождение, ландшафт, оценка, устойчивость

Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWRS-2021-0014) программы по приоритетному направлению Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.).

**ASSESSMENT OF THE STABILITY OF COAL LANDSCAPE IN THE SOUTH
YAKUT COAL BASIN OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)****Nikolaeva N.A.**

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center “Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences” Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Lariyonov, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru

The Republic Sakha (Yakutia) belongs to the zone of the North, rich in natural resources. Distinctive features from other territories are extremely severe climatic conditions, unfavorable both for the population and for the intensive development of industry, construction, transport, and agriculture. Current economic conditions dictate the need to intensify the development of fuel and energy resources, as well as their export, which leads to exacerbation of environmental problems, including environmental pollution. The most significant contribution to this process is made by the fuel and energy complex, which makes it urgent to conduct research to minimize the consequences of disrupting the ecological balance of industrial development areas. The region is characterized by special conditions of environmentally risky nature management, among which the low stability of natural complexes and the ability to restore are of paramount importance. An assessment is made of the degree of resistance to technogenic impact of landscapes the territory of the Syllakh and Verkhne-Taluminsky depositions located on the territory of the South Yakut coal basin. The assessment was made by a combination of ranking methods and direct assessment on a cartographic basis. The resulting assessment of the stability of the landscapes of the Syllakh field made it possible to classify them as landscapes with different degrees of stability, from relatively stable and moderately stable to relatively unstable, depending on the combination of the main factors of landscape formation – permafrost and bioclimatic indicators. An assessment of the stability of the landscapes of the Verkhne-Taluminskoye field made it possible to determine them as relatively unstable, despite the fact that according to bioclimatic indicators the landscapes are assessed as more stable. Based on the totality of permafrost indicators that determine their instability, these natural complexes are classified as relatively unstable.

Keyword: South Yakutia, coal deposit, landscape, assessment, stability

The work was carried out within the framework of a state assignment project (No. FWRS-2021-0014) of the program in the priority area of the Program for Basic Scientific Research in the Russian Federation for the long-term period (2021–2030).

В целях решения проблем энергетической и экономической безопасности России одним из стратегических государственных направлений является интенсификация освоения богатейших топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов северо-востока страны, в том числе территории Республики Саха (Якутия).

Ведущую роль в экономике региона играет Южная Якутия, где расположен Южно-Якутский каменноугольный бассейн с уникальными ресурсами высококачественных коксующихся и энергетических углей, геологические запасы которых оцениваются в 7,36 млрд т, которые имеют региональное, межрегиональное и международное значение [1].

По состоянию на конец 2022 г. в Южной Якутии действуют крупные угольные предприятия таких компаний, как АО ХК «Якутуголь», ООО УК «Колмар, ООО УК «ЭЛСИ», ООО «Эрчим-Тхан» [2, 3]. Здесь действуют угольные разрезы и шахты месторождений Нерюнгринское, Эльгинское, Чульмаканское (Денисовская и Инаглинская шахты), Верхне-Талуминское, Кабактинское. В прошлом году был запущен перспективный разрез Сыллахский, где можно добыть 6,5 млн т угля в год [4].

Объекты угледобывающей промышленности являются основными источниками антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды, в особенности на атмосферу. Это вызывает различные экологические проблемы, для решения которых необходимо проведение экологических

оценок состояния природной среды. Среди них существенное значение имеет оценка природной устойчивости ландшафтов к антропогенному воздействию.

Сыллахское угольное месторождение, крупнейшее по запасам после Эльгинского месторождения, расположено в Нерюнгринском и Олекминском районах Якутии, в 180 км западнее г. Нерюнгри (рисунок). Под Сыллахским месторождением понимается угленосная площадь в западной части Усмунского угленосного района, ограниченная с севера долиной правого притока р. Нырныкта и далее до излучины и ее левого притока – ручья Мошарик, и относится к бассейну среднего течения р. Тунгурча, являющейся правым притоком р. Олекма. Река Сыллах является самым крупным притоком р. Тургунча [5].

Верхне-Талуминское месторождение расположено на территории Нерюнгринского района Республики Саха (Якутия) в 36 км к северо-востоку от административного центра – г. Нерюнгри. Месторождение позволит в ближайшие 10 лет открытыми горными работами добывать уголь в количестве 4 млн т ежегодно [6]. Территория района в металлогеническом отношении находится в пределах Алдано-Чульманского угленосного района, расположенного в центральной части Южно-Якутского каменноугольного бассейна. Расположено месторождение в пределах Чульманского плато и водораздельных пространств р. Чульмакана, Верхней Талумы, Дурая и их притоков.



Дорога на Сыллахское угольное месторождение [7]

Для минимизации экологических последствий на природную среду территории промышленного освоения в Южной Якутии существенную роль играет оценка степени устойчивости ландшафтов к техногенной нагрузке.

Цель исследования – оценка степени устойчивости ландшафтов территорий Сыллахского и Верхне-Талуминского угольных месторождений в условиях интенсивного промышленного воздействия.

Материалы и методы исследования

Для оценки устойчивости ландшафтов перспективных угольных месторождений Южной Якутии использованы методики оценки устойчивости ландшафтов в области криолитозоны [8, 9], критерием устойчивости в которых явились мерзлотные и биоклиматические факторы формирования северных ландшафтов, а также применение мерзлотно-ландшафтной карты Республики Саха (Якутия) [10].

Природные условия территории исследования

Климат района резко континентальный с коротким жарким летом и продолжительной холодной зимой. Самые низкие температуры до -57°C отмечаются в декабре – январе, наиболее высокие до $+33^{\circ}\text{C}$ установлены в июне – июле, количество осадков – 523,8 мм. Основная часть осадков выпадает в виде дождя. Снежный покров появляется в конце сентября, разрушается во второй половине апреля – первой половине мая [11]. Гидрографическая сеть близлежащих водотоков принадлежит к бассейну р. Сыллах. Питание рек смешанное с преобладанием снегового. Гидрографы характеризуются высоким весенним половодьем, летней и зимней меженью и осенним паводком. В весеннее половодье проходит в среднем 60% годового стока. Мелкие водотоки характеризуются неразработанными узкими долинами, образуют круто врезанные распадки с углами склонов от $5-10^{\circ}$ до $30-40^{\circ}$ [11]. В геологическом строении южной части Сыллахского месторождения принимают участие породы архейского комплекса, юрские угленосные отложения и четвертичные образования. Четвертичные образования повсеместно перекрывают юрские угленосные отложения. В составе их выделяются делювиальные, элювиальные, коллювиальные, аллювиальные и озерно-болотные отложения. В геоморфоло-

гическом отношении участок расположен на Алданском нагорье. Рельеф района работ довольно однообразен и характеризуется наличием широких плоских водоразделов, расчлененных узкими долинами водотоков. Абсолютные отметки водоразделов колеблются от 750 до 890 м на Сыллахском участке и от 775 до 897 м на Тунгурчинском [11].

Ландшафты месторождения относятся к физико-географической стране Горы Южной Сибири, группе Чульманской плоскогорной ландшафтной провинции. В структуру ландшафтов Сыллахского месторождения входят следующие ландшафтные районы, названия и обозначения которых соответствуют [10, 12]: 29а – горноредколесные горносклоновые делювиально-солифлюкционные лиственничные леса и редколесья, часто с примесью сосны, кустарничково-лишайниковые и моховые на сплошных мерзлых породах, горных подзолистых, таежных типичных и заболоченных, реже дерново-карбонатных и перегнойно-карбонатных; 29б – горноредколесные горносклоновые делювиально-коллювиальные лиственничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на сплошных мерзлых породах, подбурях таежных, горных подзолистых дерново-карбонатных, сильнощебнистых, смытых почвах; 30 – горноредколесные горносклоновые делювиально-солифлюкционные лиственничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на прерывистых и островных породах на горных подзолистых, дерново-карбонатных, щебнистых смытых почвах; 32 – горнотаежные горносклоновые, делювиально-солифлюкционные, сосново-лиственничные редколесья и редины кустарничково-лишайниковые и моховые на подзолистых смытых щебнистых почвах, на прерывистых и островных мерзлых породах; 34 – интразональные горные с комплексом горноредколесной среднетеррасовой долинной растительности на сплошных породах; 35 – интразональные с комплексом горноредколесной низкотеррасовой долинной растительности на прерывистых и островных породах.

Верхне-Талуминское месторождение представлено ландшафтным комплексом горнотаежных горносклоновых делювиально-коллювиальных сосново-лиственничных редколесий кустарничково-лишайниковых и моховых на смытых подзолистых почвах, расположенных на прерывистых и островных мерзлых породах [12].

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Устойчивость системы – это ее свойство сохранять основные параметры в пределах допустимых значений под влиянием внешних и внутренних воздействий. Характер изменений и устойчивости ландшафтов зависит от их свойств, вида и степени антропогенного воздействия, расположения в географической среде [13]. Устойчивость мерзлотных ландшафтов основывается на соотношении основных ландшафтообразующих факторов: климатических (солнечной радиации, температуры воздуха, количества осадков и пр.), биотических (характера растительности, биологической продуктивности, количества фитомассы и пр.) и литогенных (наличия и распространения многолетнемерзлых пород, льдистости грунтов, мощности протаивания и промерзания и пр.) [14, с. 80]. Из этих факторов преобладающее значение для мерзлотных ландшафтов имеет литогенный (мерзлотный), как наиболее характерный для Якутии, когда изменение, стабилизация и деградация ландшафтов обусловлены состоянием мерзлых пород. Кро-

ме того, при оценке устойчивости ландшафтов должно учитываться соотношение двух значимых показателей – тепло- и влагообеспеченности, распределение которых зависит от широтной зональности и высотной поясности. В свою очередь, соотношение показателей тепла и влаги определяет биологическую продуктивность ландшафта.

В соответствии с этим устойчивость ландшафтов Сыллахского месторождения была оценена по количественным показателям мерзлотных и биоклиматических условий, характерных для каждого из шести ландшафтных районов. Характеристики мерзлотных условий получены исходя из работ [10, 12], биоклиматических – на основе [9], табл. 1.

В табл. 2 дано распределение биоклиматических и мерзлотных факторов по степени влияния на снижение устойчивости ландшафта по значениям присвоенных экспертных оценочных баллов: 1 балл (не влияет) присваивался наиболее устойчивому ландшафту; 2 балла (слабо влияет) – относительно устойчивому ландшафту; 3 балла (заметно влияет) относительно неустойчивому; 4 балла (нарушает) – неустойчивому (табл. 2).

Таблица 1

Биоклиматические и мерзлотные факторы формирования ландшафтов территории Сыллахского месторождения

Обозначения ландшафтов	Продуктивность, ц/га	Запасы фитомассы, ц/га	Теплообеспеченность, град	Индекс сухости, ккал. см ² /год	Мощность (сгс/смс), м	Температура мерзлых пород, °С	Объемная льдистость пород, доли ед.	Характер распротр. мерзлых пород
29а	среднепродуктивные, 40–60	720–1000	умеренно-холодные, 560–1100	влажные, 0,5–1,0	1,0–2,0	-2...-4	до 0,2... 0,2–0,4	сплошной
29б	среднепродуктивные, 40–60	720–1000	умеренно-холодные, 560–1100	влажные, 0,5–1,0	1,5–2,5	-2...-6	до 0,2... 0,2–0,4	сплошной
30	повышенно продуктивные, 60–80	ок. 1000	умеренно-холодные, 800–1100	влажные, 0,5–1,5	2,0–3,0	1...-2	0,2–0,4 (0,6)	прерывист. и островной
32	повышенно продуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые, 1200–1400	умеренно влажные, 1,0–1,5	2,0–3,0	0...0,5	0,2–0,4 (0,6)	прерывист. и островной
34	повышенно продуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые, 1200–1400	влажные, 0,5–1,0	0,6–1,2	-2...-5	0,2–0,4	сплошной
35	повышенно продуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые, 1200–1400	влажные, 0,5–1,0	2,0–3,0	0,2-0,4	0,2–0,4	прерывист. и островной

Таблица 2

Оценка влияния природных факторов на снижение устойчивости ландшафтов

Природные факторы	Оценка устойчивости в баллах			
	1 балл (устойчивые)	2 балла (относительно устойчивые)	3 балла (относительно неустойчивые)	4 балла (неустойчивые)
Продуктивность, ц/га	повышенно продуктивные, 60–80	среднепродуктив- ные, 40–60	низкопродук- тивные, 20–40	минимально продуктивные, менее 20
Запасы фитомассы, ц/га	1200–1600	1000–1200	700–1000	менее 800
Теплообеспеченность, град.	теплые, более 1600	умеренно теплые, 1200– 1400; 1400–1600	умеренно холодные, 500–1000, 1000–1200	холодные, менее 700
Индекс сухости, ккал. см ² /год	влажные, 0,5–1,5	умеренно влажные 1,0–1,5	недостаточно влажные 1,5–2,5	избыточно влажные 0,2–0,8
Мощность стс/смс, м	более 2,0	1,4–2,0	0,8–1,4	0,2–0,8
Температура пород, град	– 5 и ниже	–5...–2	–2 – –1	–1 – +1
Объемная льдистость пород, отн. ед.	0,1–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6 и более
Характер распространения мерзлоты	сплошной	слабопрерывистый	прерывистый	прерывистый и островной

Таблица 3

Оценка степени устойчивости ландшафтов Сыллахского месторождения

Ландшафт	Продуктивность, ц/га	Запасы фитомассы, ц/га	Теплообеспе- ченность, град.	Индекс сухости, ккал. см ² /год	Мощность стс/смс м	Температура пород, град.	Объемная льдистость пород, %	Характер распространения мерзлоты	Сумма баллов
29а	2	3	3	1	2	2	1	1	15
29б	2	3	3	1	1	1	1	1	13
30	1	2	2	1	1	4	2	4	17
32	1	1	2	2	1	4	2	4	17
34	1	1	2	1	3	2	2	1	13
35	1	1	2	1	1	3	2	4	15

При этом принята следующая шкала ранжирования: устойчивые – 13 и менее баллов; среднеустойчивые 14–16 баллов; относительно неустойчивые – 17 и более баллов. Оценка устойчивости каждой ландшафтной провинции территории Сыллахского месторождения по дается по сумме баллов (табл. 3).

Основной тип ландшафтов Верхне-Талуминского месторождения – горнотаежные горносклоновые делювиально-солифлюкционные сосново-лиственничные редколе-

ся и редины кустарничково-лишайниковые и моховые на слабопрерывистых мерзлых породах. Они обладают повышенной продуктивностью (60–80 ц/га), запасы фитомассы составляют около 1600 ц/га, являются умеренно теплыми (1200–1400 ккал м²/год) и умеренно влажными (1,0–1,5 град.) [10, 12]. Мерзлотные условия: объемная льдистость составляет 0,2–0,4 отн. ед.; температура пород 0–0,5°C; мощность сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоев 2,0–3,0 м. Оценка их устойчивости показала, что суммарное ко-

личество баллов – 17, что позволяет определить, что ландшафты Верхне-Талуминского месторождения неустойчивы.

Заключение

Оценка степени устойчивости ландшафтов территории Сыллахского месторождения позволила отнести их к различным степеням устойчивости, от устойчивых и среднеустойчивых к неустойчивым, в зависимости от сочетания основных ландшафтообразующих факторов исследуемого региона – мерзлотных и биоклиматических показателей в каждом ландшафте. Так, устойчивыми определены горные комплексы с горноредколесной среднетеррасовой и низкотеррасовой долинной растительностью на сплошных и прерывисто-островных породах. Горноредколесные делювиально-солифлюкционные листовенничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на прерывистых и островных породах оценены как среднеустойчивые ландшафты. Относительно неустойчивыми явились горноредколесные делювиально-солифлюкционные и коллювиальные листовенничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на сплошных мерзлых породах и горнотаежные делювиально-солифлюкционные сосново-лиственничные редколесья на прерывистых и островных мерзлых породах.

Оценка устойчивости ландшафтов Верхне-Талуминского месторождения позволила отнести их к относительно неустойчивым к антропогенному воздействию, несмотря на то, что по биоклиматическим показателям ландшафты оценены как устойчивые и среднеустойчивые. Но по совокупности мерзлотных показателей данные природные комплексы отнесены к относительно неустойчивым.

Оценка устойчивости ландшафтов угольных месторождений Южно-Якутского бассейна является важнейшим критерием оценки территории для возможности ее

промышленного освоения и может иметь практическое значение для составления экологического регламента территории и обоснования мероприятий по снижению негативных последствий на природную среду.

Список литературы

1. Южная Якутия: Ресурсный потенциал социально-экономических комплексов / Под ред. П.В. Гуляева. Уфа: Аэтерна, 2019. 243 с.
2. Официальный сайт ООО «УК «ЭЛСИ». [Электронный ресурс]. URL: <https://elsi-group.ru/company> (дата обращения: 21.09.2023).
3. Официальный сайт УК «Колмар». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kolmar.ru/company/strategy/> (дата обращения: 21.09.2023).
4. К 2030 г. в Якутии будут добывать 80 млн тонн угля в год. [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/ZIxmBF-0G8I78XHEj> (дата обращения: 24.09.2023).
5. Сыллахское каменноугольное месторождение. [Электронный ресурс]. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_place?obj=2f5e2370b07304ef3b5b8e49146f7f3 (дата обращения: 24.09.2023).
6. Верхне-Талуминское месторождение. Восточный участок участка №2. Уголь каменный [Электронный ресурс]. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_place?obj=9ca8e2d2ab6e71575d82c482dcabe203 (дата обращения: 24.09.2023).
7. Официальный сайт ООО «АнтрацитИнвестПроект». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aipcoal.ru> (дата обращения: 18.10.2023).
8. Шполянская Н.А., Зотова Л.И. Карта устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири // Вестник МГУ. 1994. Сер. 5. № 1. С. 56–65.
9. Букс И.И., Байборodin В.Н., Тимирбаева Л.С. Корреляционная эколого-фитоценоотическая карта. Масштаб 1:7500000 // Сер. Карты природы, населения и хозяйства Азиатской России. М., 1977. 1 л.
10. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1500000 / Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф., Макаров В.С. и др.; гл. ред. М.Н. Железняк. Якутск, 2018. 2 л.
11. Материалы оценки воздействия на окружающую среду 364.01-ОВОС [Электронный ресурс]. URL: [http://www.neruaadmin.ru/upload/2021/364.01-%D0%9E%D0%92%D0%9E%D0%A1%20\(3\)_small.pdf](http://www.neruaadmin.ru/upload/2021/364.01-%D0%9E%D0%92%D0%9E%D0%A1%20(3)_small.pdf) (дата обращения: 06.10.2023).
12. Федоров А.Н., Ботулу Т.А., Варламов С.П. и др. Мерзлотные ландшафты Якутии: Пояснительная записка к «Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР». Новосибирск: ГУГК, 1989. 70 с.
13. Абалаков А.Д., Лопаткин Д.А. Устойчивость ландшафтов и ее картографирование // Известия Иркутского государственного университета. 2014. Т. 8. С. 2–14.
14. Бурцева Е.И. Геоэкологические аспекты развития Якутии. Новосибирск: Наука, 2006. 270 с.

УДК 551.1/4:556
DOI 10.17513/use.38119

РАЗВИТИЕ БАСЕЙНОВ РЕК В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОЙ ГЕОДИНАМИКИ

Соколова Н.В.

*ФГБУН Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва,
e-mail: sona@ipng.ru*

В статье показано значение речных бассейнов для практики землепользования. Отмечается, что реки необходимо рассматривать как гидро- и литодинамические потоки. Цель исследования – выявить особенности развития бассейнов конкретных рек в условиях непрерывной геодинамики с учетом транзитных тальвегов – индикаторов процесса увеличения уплотнения вещества по направлению к центру Земли. Транзитные тальвеги – уникальные природные объекты, демонстрирующие уровни естественного управления гидро- и литодинамическими потоками. К этим уровням относятся области денудации, оконтуренные транзитными тальвегами разного ранга. Такая область денудации ограничивает не только врезание крупной реки, но и расширение ее бассейна. Показаны участки денудации, ограничивающие развитие бассейнов рек Волги (до Прикаспийской впадины), Дона (субмеридионального простирания), Северного Донца и Самары. Форма областей денудации отражает характер их непрерывной деформации при вращении Земли вокруг своей оси. Деформация зоны денудации свидетельствует о развитии наиболее уязвимых мест, где возможны разрядки геодинамических напряжений и сопутствующие им природные катаклизмы. Полученная новая информация об особенностях развития речных бассейнов важна в практическом и методическом плане для выявления сфер влияния разуплотненных вертикальных каналов. С такими каналами связано формирование месторождений углеводородов. Эта информация необходима для разработки новых технологий землепользования, которые позволят снять геодинамические напряжения и предотвратить развитие землетрясений большой магнитуды и крупных зон затопления.

Ключевые слова: бассейн реки, непрерывная геодинамика, ротационный фактор, транзитные тальвеги, уровни естественного управления гидро- и литодинамическими потоками и речными бассейнами, геодинамические напряжения

Статья написана в рамках выполнения госзадания (тема № 122022800270-0).

RIVER BASINS DEVELOPMENT IN CONDITIONS OF CONTINUOUS GEODYNAMICS

Sokolova N.V.

Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: sona@ipng.ru

The article shows the importance of river basins for land use practices. It is noted that rivers must be considered as hydro- and lithodynamic flows. The study purpose was to identify the features of the specific river basins development under conditions of continuous geodynamics, taking into account transit thalwegs – indicators of the matter increasing compaction process towards the Earth center. Transit thalwegs are unique natural objects that demonstrate the levels of hydro- and lithodynamic flows natural control. These levels include denudation areas outlined by transit thalwegs of different ranks. Such an area of denudation limits not only the incision of a large river, but also the expansion process its basin. Areas of denudation that limit the development of the Volga (up to the Caspian depression), Don (submeridional), Northern Donets and Samara river basins are shown. The denudation areas shape reflects the nature of their continuous deformation during the rotation of the Earth around its axis. The deformation of the denudation area indicates the development of the most vulnerable places where geodynamic stress discharges and accompanying natural disasters are possible. The new information obtained about the river basins development features is important in practical and methodological terms for identifying the influence spheres of decompacted vertical channels. The formation of hydrocarbon deposits is associated with such channels. This information is necessary for the development of new land use technologies that will relieve geodynamic stresses and prevent the development of highmagnitude earthquakes and large flood zones.

Keywords: river basin, continuous geodynamics, rotation factor, transit thalwegs, levels of natural control of hydro- and lithodynamic flows and river basins, geodynamic stresses

The article was written as part of a state assignment (topic No. 122022800270-0).

Водосборные бассейны рек в целом являются относительно устойчивыми природными образованиями. И, естественно, социум старается эффективно использовать их на практике.

В настоящее время бассейновые округа – это основные единицы управления в области использования и охраны водных

объектов, состоящие из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов и морей [1]. Однако при этом в нашей стране и за рубежом пока не учитываются те непрерывные геодинамические процессы, которые отражают уровни естественного управления как самими реками, так и их водосборными бассейнами.

Для большей эффективности реки необходимо рассматривать в качестве гидро- и литодинамических потоков, так как в определенном направлении движется не только вода, но и литочастицы. Эта проблема, в частности, рассматривается в работе [2].

Цель настоящего исследования – выявление особенностей развития бассейнов конкретных рек в условиях непрерывной геодинамики, с учетом уровней естественного управления гидро- и литодинамическими потоками.

Материалы и методы исследования

Геофизические данные и результаты исследований глубоких и сверхглубоких скважин показали, что земная кора обладает сложной структурой. Она разделена многочисленными трещиновато-пористыми слоями, насыщенными флюидами [3].

Формирование слоистой структуры литосферы происходит в условиях действия господствующего процесса усиления уплотнения земного вещества к центру Земли, без которого планета не может развиваться. Индикаторами его являются транзитные тальвеги на разных горизонтах [4]. Согласно [5], тальвег – это линия, соединяющая наиболее низкие отметки дна долины или русла реки, ложбин, лощин, суходолов.

Транзитные тальвеги разного ранга обладают свойством непрерывности, структурированы воронками с местными базисами денудации [4]. Такие линии не абстрактные, они являются уникальными природными объектами. С одной стороны, транзитные тальвеги позволяют веществу аккумулироваться, а с другой стороны, не дают ему рассеиваться при движении по земной поверхности и способствуют образованию гидро- и литодинамического потока с его приточной системой. Как показывает моделирование непрерывного движения вещества, в том числе воды, река не может функционировать без транзитного тальвега.

При изучении условий непрерывности потока вещества было доказано, что распределение скоростей отдельных его частей, движущихся в одном направлении, закономерно. На пути транзитного потока всегда формируются барьеры. Чем больше скорость потока, тем больший барьер создается на его пути при сохранении направления транзитного движения. При этом формируются транзитный поток и обратный ему зависимый приток к местному базису денудации. Местные базисы денудации в узлах тальвегов связаны с нижними пределами

склонов, где начинается аккумуляция и кардинально меняется направление движения вещества [6].

В этих условиях индикаторами положения транзитных тальвегов являются сами гидро- и литодинамические потоки, в том числе реки. Реки могут функционировать только при уплотнении придонной части их русел и закономерном понижении местных базисов денудации в узлах тальвегов в соответствующих воронках. При изучении транзитных тальвегов в качестве самостоятельных природных объектов появляется возможность получить новую прогнозную информацию об изменениях рельефа земной поверхности и глубоких горизонтов [4, 7], а также и о водосборных бассейнах рек.

Границы смежных водосборных бассейнов отражают взаимодействия противоположных по направлению водотоков, являющихся притоками к разным узлам тальвегов. Эти водотоки претерпевают изменения во времени и в пространстве, развиваются в разных условиях усиления сноса и усиления накопления вещества [6]. Целесообразно выявить характер непрерывного развития водосборных бассейнов с учетом узлов тальвегов разного ранга, где сочленяется транзитный поток с активным своим притоком и фиксируется первый уровень естественного управления реками [4]. Согласно [8], подобные узлы слияния рек достаточно мобильны.

На земной поверхности действует глобальная система дренирования, состоящая из течения Западных Ветров (ТЗВ), окаймляющего Антарктиду, и двух его противоположных притоков в Тихом и Атлантическом океанах [9, 4]. Фиксируется самый крупный узел сочленения ТЗВ с атлантическим притоком в Южно-Сандвичевой впадине на глубине 8862 м.

В то же самое время узел сочленения ТЗВ с тихоокеанским притоком (проходящим через впадины Марианскую, Тонга и Кермадек) функционирует на меньшей глубине. Выделяются на земной поверхности только два крупнейших водосборных бассейна: атлантический и тихоокеанский. Каждый из них является системой взаимосвязей подобных бассейнов более низкого ранга.

В пределах атлантического водосборного бассейна развивается его составная часть, связанная с местным базисом денудации во впадине Пуэрто-Рико (на глубине 9218 м). Эта часть захватывает и бассейн Северного Ледовитого океана. Ранее связь

впадины Пуэрто-Рико с узлом тальвегов в Южно-Сандвичевой впадине была минимальна. В современных условиях рассматриваемая впадина переполнена водой (данное состояние у нее в ходе прогрессивного развития Атлантического океана уже постоянное), и на глубинах порядка 5 км вдоль Евразии действует транзитный гидро- и литодинамический поток к Южно-Сандвичевой впадине (в ТЗВ) [9, 4].

Известно, что в океанах формируются послонные перетоки воды в зависимости от рельефа океанического дна [10].

Согласно [4] второй уровень естественного управления отражает область денудации, оконтуренную системами относительно независимых гидро- и литодинамических потоков, в ортогональных плоскостях. Все активные притоки к таким транзитным потокам развиваются внутри отмеченной области, морфологически выраженной поднятием. В то же время внутри нее развивается наиболее крупный приток, глубина врезания которого может быть количественно больше, чем подобный показатель на конкретной границе такой области денудации. Эти границы выявляются с помощью общегеографических карт разного масштаба из [9] и приемов районирования [11]. Необходимо также отметить, что используемый картографический материал является кладзем бесценной неустаревающей информации о земной поверхности и о Земле в целом.

Господствующий процесс усиления уплотнения земного вещества к центру планеты способствует также формированию вертикальных каналов разуплотнения земного вещества разного ранга. Такая особенность проявляется в результате снятия геодинамических внутриземных напряжений при взаимодействии противоположных процессов усиления уплотнения и зависящего от разуплотнения вещества.

Третий уровень естественного управления гидро- и литодинамическими потоками реализуется при объединении пяти областей денудации (одна из них – центральная) в подобную более крупную. При этом центральная структура является проекцией вертикального канала разуплотнения внутриземного вещества. Данный уровень естественного управления отражает непрерывную динамику и ранг таких каналов [7].

Развитие водосборного бассейна той или иной реки зависит от соответствующей области денудации, в пределах которой этот

поток развивается как относительно более крупный. Такая область денудации ограничивает не только врезание крупной реки, но и, естественно, процесс расширения ее бассейна.

С учетом непрерывной геодинамики выделяются два типа водосборных бассейнов. Первый тип их определяют реки, являющиеся только границами областей денудации разного ранга. К ним относятся, к примеру, Днепр, Даугава (участки субмеридионального простирания), Макензи, Янцзы, Инд, Амур, Сев. Двина и др. Второй тип водосборных бассейнов связан не только с границей области денудации, но и, главное, с формированием центральных областей денудации (проекции вертикальных каналов разуплотнения разного ранга). Это водосборные бассейны Волги (до Прикаспийской впадины), Миссисипи, Дуная, Лены, Печоры и др. В связи с вышеизложенным нецелесообразно подходить формально ко всем участкам реки. Например, Обь субмеридионального простирания от узла с Иртышом участвует в формировании водосборного бассейна 1-го типа, а Обь до узла с Иртышом – водосборного бассейна 2-го типа.

Вращение Земли вокруг своей оси накладывает свой отпечаток на дренирующую способность крупнейших (атлантического и тихоокеанского) бассейнов и их составных частей. В течение суток действуют, сменяя друг друга, два противоположных режима дренирования приповерхностного слоя Земли. При усилении тихоокеанского притока ТЗВ и ослаблении противоположного атлантического фиксируется 12-часовой первый режим, а при усилении атлантического притока и ослаблении тихоокеанского – 12-часовой второй режим. Подробнее это изложено в [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Водосборный бассейн Волги развивается в пределах области денудации условно первого ранга (с учетом [9, 11, 12]) в границах транзитных тальвегов в р. Тобол, Иртыш, Обь, Надымской и Обской губах, в котловине Северного Ледовитого океана, в Северном, Балтийском морях, р. Западная Двина, Днепр, Черном, Азовском морях, р. Дон (участок широтного простирания), Волга (субмеридионального простирания в Прикаспийской впадине), в Каспийском море, р. Узбой, Аму-Дарья, Тургай, Убаган, котловине бывшего Аральского моря (рис. 1).



Рис. 1. Водосборный бассейн Волги до Прикаспийской впадины (граница – серая линия), состоящий из двух частей (А и Б), развивающийся в области денудации условно первого (жирные красные линии) ранга, при этом (А) – сфера влияния центральной области денудации второго ранга (оконалирована относительно тонкой красной линией), с использованием [9, 11, 12]

Данная область денудации первого (условно) ранга состоит из пяти подобных более низкого второго ранга. Одна из них – центральная, которая оконалирована транзитными тальвегами в р. Волга (широтного простирания), Сухона, Вычегда, Кама. Замкнутая серая линия на рис. 1 показывает границу водосборного бассейна Волги (до Прикаспийской впадины), состоящего из двух частей (А и Б), при этом (А) отражает сферу действия приточной системы к центральной области денудации второго ранга. Как показали исследования в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [7], такая центральная область отражает проекцию вертикального канала разуплотнения вещества первого (условно) ранга на земную поверхность.

При вращении Земли вокруг своей оси территория всего водосборного бассейна Волги до Прикаспийской впадины (рис. 1) во вторую половину второго режима и в первую половину первого режима (с 12 ч дня до 12 ч ночи по местному времени) слабо дренируется (и то за счет канала Волга-Дон) в сторону Атлантики. А во вторую половину первого режима и в первую половину второго режима (с 12 ч ночи до 12 ч дня)

этот бассейн активно дренируется в противоположном направлении в зависимости от непрерывной динамики местного базиса денудации в Каспийском море.

Развитием водосборного бассейна реки Дон (рис. 2) управляет в естественных условиях область денудации второго ранга, оконалированная транзитными тальвегами в р. Волга (широтного и меридионального простирания), Вазуза, Днепр, Дон (участок субширотного простирания), в Азовском и Черном морях (рис. 1). Граница данной области денудации в р. Днепр, Вазуза, Волга (субширотного простирания) ограничивает врезание р. Десны и Дона (субмеридионального простирания). Центральная область денудации третьего ранга оконалирована р. Дон (субмеридионального простирания), Ока (субширотного простирания), Хопер, Ворона, Цна. На рис. 2 показана сфера влияния данной центральной области (серая линия), которая захватывает большую часть площади водосборного бассейна Дона (субмеридионального простирания) [9, 11, 13]. При ротации Земли вокруг своей оси часть (А) водосборного бассейна Дона субмеридионального простирания – сфера влияния центральной области денудации (вертикального канала) имеет свои региональные особенности дренирования, с 12 ч дня до 12 ч ночи по местному времени оно минимально.



Рис. 2. Водосборный бассейн р. Дон субмеридионального простирания (граница – серая линия), состоящий из двух частей (А и Б), развивающийся в области денудации условно второго (относительно жирные красные линии) ранга, при этом (А) – сфера влияния центральной области денудации третьего ранга (оконалирована относительно тонкой красной линией), см. рис. 1, а также [9, 11, 13]

Водосборный бассейн реки Северный Донец (рис. 3, а) зависит от непрерывной динамики области денудации третьего ранга, которая оконтурена транзитными тальвегами в р. Днепр, Дон (широтного и меридионального простирания), в Азовском и Черном морях, р. Десна, Сейм, Сосна (рис. 1, 2). Система транзитных тальвегов в р. Десна, Сейм и Сосна ограничивает врезание р. Северный Донец и Оскол [9, 11, 14].

В области денудации третьего ранга центральная структура четвертого ранга оконтурена р. Северный Донец, Оскол и связующими их потоками (на рис. 3, а – жирная лиловая линия). Также замкнутой серой линией показана сфера влияния (А) данной центральной области, часть водосборного бассейна Северного Донца.

При вращении Земли вокруг своей оси водосборный бассейн Северного Донца развивается в тех же режимах, что и подобный бассейн Дона. Область денудации третьего ранга сильно деформирована. Такая деформация происходит в первую половину второго режима и вторую половину первого режима вращения Земли вокруг своей оси, когда усиливается движение вещества в сторону Каспия. Наибольший сброс геодинамических напряжений при этом происходит по линии наименьших сопротивлений в зоне транзитных тальвегов, связующих р. Конскую (приток Днепра) и Молочную (бассейн Азовского моря).

Наиболее сильно деформирована область денудации четвертого ранга (рис. 3, б), от которой зависит развитие водосборного бассейна р. Самары (притока Днепра). Данная область оконтурена транзитными тальвегами в р. Днепр, Северный Донец, Дон (широтного простирания), Ворскла, в Азовском и Черном морях. В водосборном бассейне Самары развивается центральная область денудации пятого ранга, которая оконтурена р. Самара, Волчья и связующими их притоками. На рис. 3, б, показана сфера влияния данной центральной области. Транзитные тальвеги в р. Северный Донец и в Азовском море ограничивают врезание р. Самары и ее притоков.

Область денудации пятого ранга оконтурена транзитными тальвегами в р. Днепр, Черном и Азовском морях в р. Конская, Волчья, Мокрые Ялы, Кальчик (рис. 3, б). В этой области развивается и Крымский п-ов. В ней функционируют четыре крупных вреза, связанных с транзитными тальвегами в р. Молочной, Азовском и Черном морях, Сиваше (на рис. 3, б – тонкие лиловые линии). На их стыке в области Арабатской стрелки развивается центральная область денудации шестого ранга (показана замкнутой тонкой лиловой линией). Эта область отражает проекцию вертикального канала пятого ранга, от которого зависит развитие Сиваша.

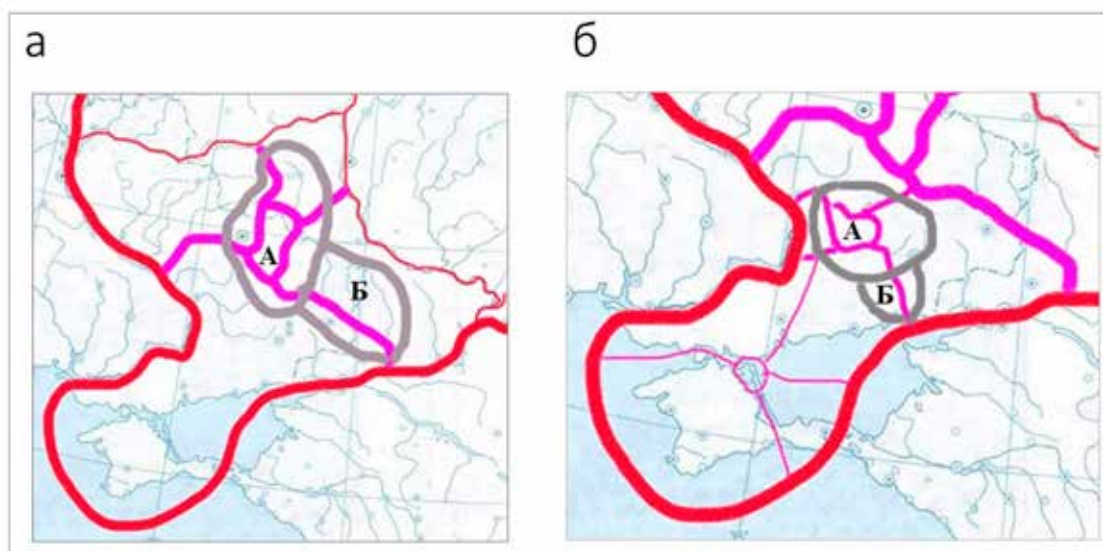


Рис. 3. Области денудации третьего (а) и четвертого (б) ранга, ограничивающие развитие водосборных бассейнов (серые линии) р. Северного Донца (а) и Самары (б), каждый из которых включает сферу влияния (А) центральной области денудации четвертого (а) и пятого (б) ранга (оконтуренных лиловыми линиями разной толщины), другие обозначения см. на рис. 1, 2.
Использованы данные [9, 11, 14]

Характерные однотипные изгибы р. Днепра, Сев. Донца, Дона [9] не случайны, они отражают процесс разрядки геодинамических напряжений при усилении потоков в сторону Каспия. С 12 ч ночи до 12 ч дня (по местному времени) такая разрядка происходит с учетом наименьшего сопротивления по зонам транзитных тальвегов в определенных реках (Ворскла – Сев. Донец; Самара – Сев. Донец; Самара – Волчья – Мокрые Ялы – Кальчик; Конская – Молочная). С 12 ч дня до 12 ч ночи при усилении противоположных потоков в сторону Атлантики сброс напряжений происходит за пределами области денудации условно первого ранга (рис. 1) по системе взаимосвязей транзитных тальвегов в р. Южный Буг и Россь (правом притоке Днепра). Здесь резко меняется характер сброса геодинамических напряжений, имеются четкие признаки постепенного формирования линии отклонения меандра (спрямления Днепра). В этой зоне необходимо проводить сейсмический мониторинг, в котором учитываются облака низкомагнитудных событий [4].

Пока геодинамические напряжения в области денудации четвертого ранга (рис. 3, б) накапливаются в слабых звеньях (точках пересечения границы сферы влияния центральной области денудации с транзитными тальвегами пятого ранга) больше, чем сбрасываются при ротации Земли. Это также в конечном итоге может привести там к развитию сейсмических событий, хотя и меньшей магнитуды. Необходима технология снятия таких напряжений, в которой целесообразно учитывать естественный опыт самой Земли по предотвращению разрушительных для нее землетрясений.

Заключение

Получена новая информация об особенностях развития бассейнов р. Днепр, Дон, Северный Донец, Самара, которая важна в практическом и методическом планах для выявления сфер влияния вертикальных каналов разуплотнения внутриземного вещества. С такими каналами, в частности, связано формирование залежей УВ. Исследования показали, что развитие водосборного бассейна конкретной реки зависит от определенной области денудации, которая ограничивает его расширение по площади.

Выделены два типа бассейнов рек. Первый тип связан с границей области денудации, а второй – одновременно и с центральной подобной структурой. Каждый

водосборный бассейн второго типа состоит из двух частей, одна из которых является сферой влияния центральной области денудации соответствующего ранга. С одной стороны, это область аккумуляции потенциального загрязнения. С другой стороны, это сфера влияния вертикального канала разуплотнения внутриземного вещества. Проведенные исследования показали приуроченность месторождений УВ к границе данной сферы. К примеру, на периферии сферы влияния центральной области денудации второго ранга (рис. 1) развивается Ромашкинское нефтяное месторождение. Эта перспективная проблема, отраженная еще в работе [7], требует более широких исследований.

Одновременно предлагаемая информация о типах бассейнов рек может быть полезной для прогнозирования наводнений, которые, согласно предварительным результатам исследований, также зависят от диапазона изменений скорости вращения Земли. Поэтому целесообразно дополнительно использовать и данные [15].

Форма областей денудации отражает характер непрерывной их деформации при вращении Земли вокруг своей оси. Такая деформация показывает развитие наиболее уязвимых мест, где возможны разрядки геодинамических напряжений и сопутствующие им стихийные бедствия.

Полученная новая информация необходима для разработки таких прогрессивных технологий землепользования, которые позволят снимать загодя геодинамические напряжения, не допуская развития землетрясений высокой магнитуды и крупных зон затопления.

Список литературы

1. Бассейновые округа [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru> (дата обращения: 10.08.2023).
2. Шмакова М.В., Кондратьев С.А. Сток наносов и мутность воды основных притоков Ладожского озера // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 3. С. 71–84.
3. Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е., Каракин А.В. Механизм формирования гигантских скоплений нефти и газа // Приоритетные направления поисков крупных и уникальных месторождений нефти и газа: сб. науч. тр. М., 2004. С. 3–7.
4. Соколова Н.В. О многопараметрических индикаторах неустойчивости геологической среды // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 7–1. С. 77–83.
5. Lexikon «Строительный словарь». [Электронный ресурс]. URL: <https://lexicon.ru> (дата обращения: 01.09.2023).
6. Орлов В.И. Динамическая география. М.: Научный мир, 2006. 594 с.

7. Соколова Н.В. О системах взаимосвязей тальвегов одного ранга на земной поверхности и поверхности фундамента // Новые идеи в геологии нефти и газа. Новая реальность 2021: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции (Москва 27–28 мая 2021 г.) / Отв. ред. А.В. Ступакова. М.: Перо, 2021. С. 545–549.
8. Чалов Р.С. География русел рек, разветвленных на рукава, на территории России // Известия Русского географического общества. 2019. Т. 151, № 6. С. 20–34.
9. Атлас мира / Отв. ред. А.Н. Баранов. М.: Главное управление геодезии и картографии при Министерстве внутренних дел СССР, 1954.
10. Влияние рельефа дна на течения. [Электронный ресурс]. URL: <https://topogis.ru> (дата обращения: 05.09.2023).
11. Соколова Н.В. Районирование территорий с учетом природных структур управления гидро- и литодинамическими потоками // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 100–105.
12. Контурная карта Евразии. [Электронный ресурс]. URL: <https://konturmap.ru> (дата обращения: 11.09.2023).
13. Контурная карта РФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://fedoroff.ru> (дата обращения: 11.09.2023).
14. Контурная карта Европейского юга России. [Электронный ресурс]. URL: <https://stylishbag.ru> (дата обращения: 13.09.2023).
15. Jones G., Bikos K., Hocken V. A Day is Not Exactly 24 Hours. [Электронный ресурс]. URL: <https://timeanddate.com/time/earth-rotation.html#cals-daylength> (дата обращения: 20.05.2023).

УДК 556:504.455
DOI 10.17513/use.38120

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕРАХ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Чупакова А.А., Прасолов С.Д., Морева О.Ю., Прилуцкая Н.С.

*ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск,
e-mail: anna.a.ershova@gmail.com*

Повышенное содержание биогенных элементов (основными из которых являются азот и фосфор) в водоеме приводит к его эвтрофикации, что ведет к ухудшению качества воды, ее природных свойств и может привести к токсическому эффекту. В первую очередь это проявляется в озерах, так как замедленный водообмен способствует накоплению в водной толще биогенных веществ. В работе представлены данные по содержанию биогенных элементов (растворенных минеральных (аммонийный, нитритный и нитратный азот) и общих форм азота, фосфатов и общего фосфора) и трофический статус ненарушенных озер бореальной зоны с широким диапазоном морфометрических и гидролого-гидрохимических характеристик, что позволяет рассматривать полученные результаты в качестве репрезентативной характеристики озерных экосистем обширной территории северной тайги. Результаты показали, что, несмотря на широкий диапазон различных гидролого-гидрохимических характеристик, по биогенным элементам озера отнесены всего лишь к двум типам: к олиготрофному и дистрофному (исключением являются гиперэвтрофные анаэробные зоны меромиктических оз. Светлое и Темное). Вероятно, это наиболее распространенные статусы для бореальных не подверженных прямому антропогенному воздействию озер.

Ключевые слова: Архангельская область, озера, биогенные элементы, азот, фосфор, трофический статус

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ, проект № 22-27-00828 «Оценка эмиссии углерода ($CH_4 + CO_2$) с поверхности внутренних водоемов Европейского Севера России», <http://rscf.ru/project/22-27-00828/>.

BIOGENIC ELEMENTS OF DIFFERENT LAKE TYPES IN THE BOREAL ZONE

Chupakova A.A., Prasolov S.D., Moreva O.Yu., Prilutskaya N.S.

*Federal Center for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov, Ural branch
of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, e-mail: anna.a.ershova@gmail.com*

An increased content of nutrients (the main ones being nitrogen and phosphorus) in a reservoir leads to its eutrophication, which leads to a deterioration in the quality of water, its natural properties and can lead to a toxic effect. This is primarily manifested in lakes, since slow water exchange contributes to the accumulation of nutrients in the water column. The work presents data on the content of nutrients (dissolved mineral (ammonium, nitrite and nitrate nitrogen) and total forms of nitrogen, phosphates and total phosphorus) and the trophic status of undisturbed lakes of the boreal zone with a wide range of morphometric and hydrological-hydrochemical characteristics, which allows us to consider the obtained results as representative of lake ecosystems across a vast area of northern taiga. The results showed that, despite the wide range of different hydrological and hydrochemical characteristics, in terms of biogenic elements the lakes are classified into only two types: oligotrophic and dystrophic (the exception is the hypereutrophic anaerobic zones of the meromictic lakes Svetloe and Temnoe). These are probably the most common statuses for boreal lakes not subject to direct anthropogenic impact.

Keywords: Arkhangelsk region, lakes, nutrients, nitrogen, phosphorus, trophic status

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, project No. 22-27-00828 “Estimation of carbon emissions ($CH_4 + CO_2$) from the surface of inland water bodies of the European North of Russia”, <http://rscf.ru/project/22-27-00828/>.

Известно, что в условиях интенсивного антропогенного воздействия на природную среду меняется химический состав природных вод. Особенно сильно свойства вод нарушаются при возрастающем поступлении органических и минеральных биогенных элементов – соединений азота, фосфора. Загрязнение этими веществами и связанный с ним процесс эвтрофикации влияют на экосистемы озер и благосостояние людей. Умеренное обогащение водоемов питательны-

ми веществами способствует увеличению биоразнообразия [1, 2], а высокие концентрации питательных элементов вызывают ухудшение качества озерных экосистем, включая цветение вредных цианобактерий, потерю подводной растительности, гипоксические явления и периодическую гибель рыбы, что в свою очередь может оказывать влияние на снабжение питьевой водой населения и рекреационное использование водоемов [2, 3].

Одним из основных показателей для оценки состояния и функционирования водных экосистем является определение концентрации биогенных элементов. Биогенные элементы активно участвуют в биопродукционных процессах, определяют интенсивность формирования первичной продукции. Содержание в воде водоемов биогенных веществ, в первую очередь содержание общего азота и общего фосфора, представляется эффективным показателем трофического состояния водоемов [1, 3, 4].

Цель работы – определить содержание биогенных элементов в озерах бореальной зоны разного типа, оценить трофический статус по содержанию биогенных элементов, чтобы получить возможность рассматривать полученные результаты в качестве репрезентативной характеристики озерных экосистем обширной территории северной тайги.

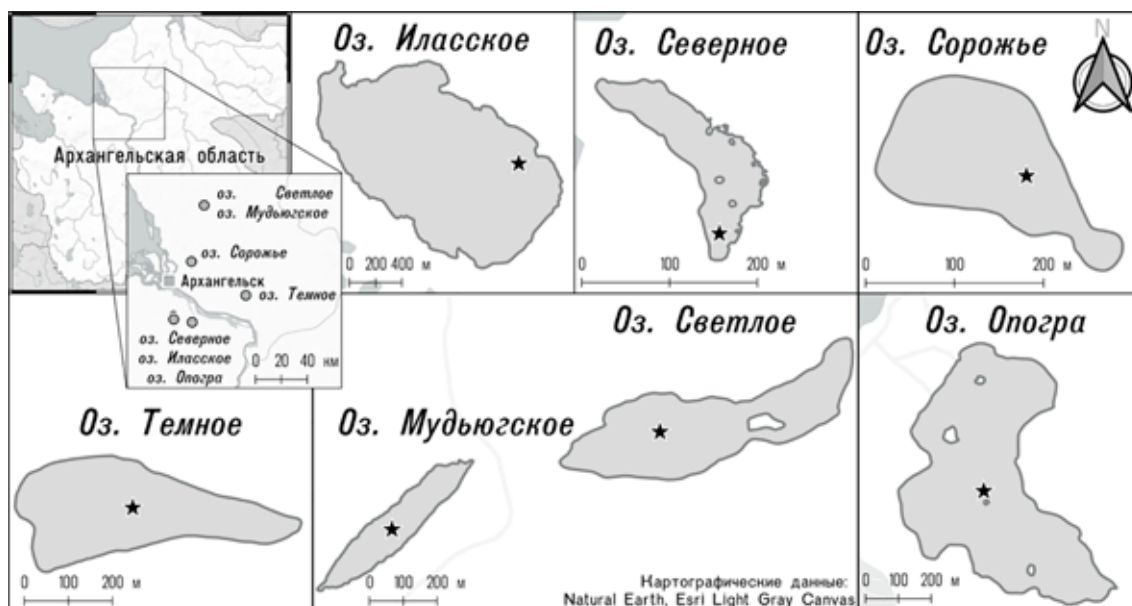
Материалы и методы исследования

Для исследований были выбраны озера Архангельской области (рисунок), различающиеся морфометрией, гидролого-гидрохимическими характеристиками. Озеро Светлое располагается в 65 км на северо-восток от г. Архангельска ($65,083^\circ$ с.ш., $41,115^\circ$ в.д.) – меромиктическое, глубокое (максимальная глубина 39 м), прозрачное; оз. Мудьюгское также располагается в 65 км северо-восточнее Архангельска ($65,080^\circ$ с.ш., $41,092^\circ$ в.д.) – средней глубины (максимальная глубина 11 м), прозрачное; оз. Темное располагается в 50 км к востоку от г. Архангельска ($64,477^\circ$ с.ш.,

$41,745^\circ$ в.д.) – меромиктическое, глубокое (максимальная глубина 38 м), ультрапресное, гуминовое; озера Иласского болотного массива расположены в 20 км от г. Архангельска: оз. Иласское ($64,315^\circ$ с.ш., $40,614^\circ$ в.д.) – гуминовое, мелководное, расположено в центральной возвышенной части болота; оз. Северное ($64,334^\circ$ с.ш., $40,609^\circ$ в.д.) – внутриболотное, расположено в грядово-озерковом комплексе в северной части болотного массива. Дополнительно выбраны гуминовые озера Опогра ($64,296^\circ$ с.ш., $40,903^\circ$ в.д.) и Сорожье ($64,704^\circ$ с.ш., $40,892^\circ$ в.д.), поскольку гуминовые озера Темное и Иласское труднодоступны. Оз. Опогра расположено в 32 км к юго-востоку от Архангельска, оз. Сорожье – в 25 км северо-восточнее Архангельска. Озера Светлое и Темное являются меромиктическими, для обоих озер характерно наличие анаэробной зоны – монимолимниона с постоянной в течение года температурой.

Сравнительная характеристика исследуемых озер [5] представлена в таблице.

Исследуемые озера имеют широкий диапазон характеристик водной толщи: глубина озер от 1,6 до 39 м, прозрачность воды от 1,5 до 12 м, электропроводность от 12 до 350 мкСм/см, значения pH от 3,9 до 8,7, содержание РОУ от 0,7 до 35 мг/л. В данный интервал значений укладываются большинство озер региона исследования, что позволит рассматривать полученные результаты в качестве репрезентативной характеристики озерных экосистем обширной территории северной тайги.



Карта-схема объектов исследования (звездочкой отмечены станции отбора проб)

Классификационные характеристики и некоторые показатели исследуемых озер

Иласское	Мудьюгское	Опогра	Светлое	Северное	Сорожье	Темное
По площади зеркала водной поверхности по классификации П.В. Иванова [6]						
1,768 км ² малое озеро (1,0–10,0 км ²)	0,043 км ² озерко (< 0,1 км ²)	0,267 км ² очень малое озеро (0,1–1,0 км ²)	0,146 км ² очень малое озеро (0,1–1,0 км ²)	0,013 км ² озерко (< 0,1 км ²)	0,03 км ² озерко (< 0,1 км ²)	0,094 км ² озерко (< 0,1 км ²)
Максимальная глубина, м						
2,5	11	3,5	39	2,2	5,9	38
Средняя глубина, м						
1,6	7	1,9	12,1	2,0	4,1	13,2
По показателю относительной глубины (отношение средней глубины к кубическому корню из площади зеркала озера) по классификации П.В. Иванова [6]						
1,3 мелкое (0,5–2)	20 очень глубокое (> 10)	3,0 нормальной глубины (2–4)	23 очень глубокое (> 10)	8,4 глубокое (4–10)	13,1 очень глубокое (> 10)	29,0 очень глубокое (> 10)
По показателю открытости (отношение площади озера к его средней глубине) [7]						
1,105 открытый водоем (0,5–5,0)	0,006 слабо открытый (< 0,1)	0,130 умеренно открытый (0,1–0,5)	0,012 слабо открытый (< 0,1)	0,007 слабо открытый (< 0,1)	0,007 слабо открытый (< 0,1)	0,007 слабо открытый (< 0,1)
По типу летней стратификации [8].						
эпитермиче- ское	метатермиче- ское	эпитермиче- ское	гипотермиче- ское	эпитерми- ческое	метатермиче- ское	гипотер- мическое
По минерализации по классификации И.В. Баранова [9]						
ультрапресное (< 100 мг/л)	маломинера- лизованное (100–200 мг/л)	маломинера- лизованное (100–200 мг/л)	маломинера- лизованное (100–200 мг/л) ниже хемоклина – среднеминер- ализованное (200–500 мг/л)	ультра- пресное (< 100 мг/л)	маломинера- лизованное (100–200 мг/л)	ультра- пресное (< 100 мг/л)
По прозрачности (определялась по диску Секки) [8]						
1,5 м малая прозрачность (1–2 м)	до 6 м Высокая прозрачность (4–8 м)	до 2 м малая про- зрачность (1–2 м)	до 12 м Очень высокая прозрачность (> 8 м)	до 2 м малая про- зрачность (1–2 м)	1,5 м малая прозрачность (1–2 м)	3,5 м малая про- зрачность (1–2 м)
Показатель рН						
4,7–5,5	7,6–8,7	6,8–7,4	7,1–7,7	3,9–4,8	6,2–7,7	5,4–6,2
Электропроводность, мкСм/см						
12–46	167–280	139–270	217–350	18–40	82–156	22,4–35,8
РОУ, мг/л						
0,74–1,62	0,6–2,6	29–35	0,8–4,3	18–23	20–28	15–30

Отбор проб на определение содержания биогенных элементов в исследуемых озерах производился на глубоководных станциях для оз. Светлое, Мудьюгское, Сорожье, Северное – в марте, мае, августе и ноябре 2022 г., для оз. Темное, Иласское – в мае и августе 2022 г., для оз. Опогра – в марте, мае, августе 2022 г. Всего в 2022 г. было

отобрано 107 проб и выполнено порядка 600 измерений на гидрохимические показатели: неорганические формы азота (аммонийный азот, нитритный азот, нитратный азот), общий азот, фосфаты, общий фосфор. Анализ проб на биогенные элементы осуществлялся стандартными фотометрическими методами [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Озеро Опогра

Полученные результаты показали, что в распределении аммонийного азота в оз. Опогра наблюдается равномерное распределение по глубине во все сезоны, концентрации варьируют в диапазоне 29,3–103,3 мкгN/л (медиана 58,2 мкгN/л), только в зимний период наблюдается небольшое увеличение в придонном горизонте до 296 мкгN/л. Аналогичное распределение по глубине демонстрируют нитритный азот и фосфаты, их концентрации варьируют в диапазоне 2,4–7,5 мкгN/л (медиана 3,9 мкгN/л) и 2,0–9,0 мкгP/л (медиана 3,0 мкгP/л соответственно, и только в зимний период наблюдается увеличение концентрации этих соединений ко дну до значений 16,5 мкгN/л и 48,2 мкгP/л соответственно. Нитраты распределены равномерно по всему водному столбу во все сезоны, концентрация варьирует в диапазоне 82,3–150,4 мкгN/л (медиана 106,7 мкгN/л). Распределение общего фосфора и общего азота равномерно по водному столбу 5,8–16,5 мкгP/л (медиана 10,1 мкгP/л) и 318,0–523,3 мкгN/л (медиана 426,1 мкгN/л) соответственно. По содержанию основных биогенных элементов озеро можно отнести к олиготрофному [8, 11].

Озеро Иласское

Озеро Иласское мелководное. Концентрации фосфат-ионов варьируют от 0,6 до 1,9 мкгP/л, общий фосфор – 5,5–18,0 мкгP/л, аммонийный азот – 75,1–193,4 мкгN/л, нитритный азот 1,0–1,8 мкгN/л, нитратный азот – 57,4–84,8 мкгN/л, общий азот – 310,0–375,6 мкгN/л. По содержанию основных биогенных элементов озеро можно отнести к дистрофному [8, 11].

Озеро Северное

Озеро Северное мелководное. Концентрации фосфат-ионов варьируют от 0,2 до 2,1 мкгP/л, общий фосфор – 4,7–6,4 мкгP/л, аммонийный азот – 32,9–108,5 мкгN/л, нитритный азот 0,6–4,1 мкгN/л, нитратный азот – 69,4–124,2 мкгN/л, общий азот – 275,8–423,6 мкгN/л. По содержанию основных биогенных элементов озеро можно отнести к дистрофному [8, 11].

Озеро Сорожье

Озеро Сорожье характеризуется глубиной до 6 м. В содержании фосфат-ионов наблюдается равномерное распределение

до глубины 4 м (2,0–10,0 мкгP/л (медиана 5,0 мкгP/л)) с последующим увеличением концентрации до дна (до 279,0 мкгP/л). Аналогичное распределение имеет аммонийный азот. Наблюдается равномерное его распределение до глубины 4 м (18,2–106,0 мкгN/л, медиана 41,4 мкгN/л) с последующим увеличением до 911,5 мкгN/л. Такое же распределение характерно и для общего азота: равномерное распределение до глубины 4 м (238,2–383,0 мкгN/л, медиана 321,0 мкгN/л) с последующим увеличением до 1229,8 мкгN/л. Нитритный азот равномерно распределен, и его содержание варьирует от 0,8 до 8,6 мкгN/л (медиана 3,8 мкгN/л). Нитратный азот также распределен равномерно, концентрации варьируют в диапазоне от 62,8 до 185,0 мкгN/л (медиана 111,8 мкгN/л). По содержанию основных биогенных элементов озеро можно отнести к олиготрофному [8, 11].

Озеро Мудьюгское

Озеро Мудьюгское глубиной до 11 м. Распределение фосфат-ионов равномерно по всему водному столбу во все месяцы отбора, концентрация варьирует от 2,0 до 19,7 мкгP/л, медиана 11,0 мкгP/л. В распределении содержания общего фосфора наблюдается равномерное распределение до глубины 8 м (концентрация варьирует от 7,0 до 24,0 мкгP/л, медиана 22,0 мкгP/л) с небольшим увеличением концентрации ко дну до 54,8 мкгP/л. Концентрация нитрит-ионов очень низкая, значения не превышают 3,1 мкгN/л. Распределение нитрат-ионов практически равномерно по водному столбу, концентрация варьирует от 52,1 до 196,5 мкгN/л, медиана 92,3 мкгN/л. В распределении аммонийного азота наблюдается достаточно равномерное его распределение до глубины 8 м (28,3–138,0 мкгN/л, медиана 50,3 мкгN/л) с увеличением концентрации ко дну до 494,00 мкгN/л. Аналогичное распределение имеет и общий азот: до глубины 8 м равномерное распределение (161,8–367,7 мкгN/л, медиана 238,8 мкгN/л) и увеличение концентрации ко дну до 1059,5 мкгN/л. По содержанию основных биогенных элементов озеро можно отнести к олиготрофному [8, 11].

Озеро Светлое

Озеро Светлое относится к меромиктическим водоемам [12, 13]. Проведенные исследования показали, что содержание фосфатов в миксолимнионе озера невелико (0,1–8,9 мкгP/л, медиана 5,1 мкгP/л).

В анаэробной зоне озера происходит резкое увеличение содержания фосфатов – до 1979,0 мкгР/л. Содержание общего фосфора имеет аналогичную тенденцию распределения: содержание в аэробной зоне составляет 4,9–28,0 мкгР/л, медиана 11,9 мкгР/л, в анаэробной зоне значение концентрации достигает 3215,1 мкгР/л. В динамике распределения аммонийного азота наблюдается увеличение его концентрации с увеличением глубины. Резкий скачок увеличения концентрации происходит на глубине 20–25 м. В миксолимнионе озера содержание аммонийного азота не превышает 104,4 мкгN/л, в то время как в монимолимнионе концентрация достигает 2174 мкгN/л. Распределению нитритного азота аналогично распределению аммонийного азота: в миксолимнионе содержание не превышает 0,8 мкгN/л, а в монимолимнионе концентрация увеличивается до 15,0 мкгN/л. Концентрация нитратного азота в миксолимнионе варьирует в диапазоне от 31,9 до 110,9 мкгN/л, медиана 68,7 мкгN/л, а монимолимнионе – 66,2–73,7 мкгN/л, медиана 68,9 мкгN/л; в зоне хемоклина (20–25 м) регистрируются локальные максимумы концентрации нитратного азота до 176,8 мкгN/л. Динамика распределения общего азота повторяет динамику аммонийного азота: равномерное распределение в миксолимнионе (138,9–218,0 мкгN/л, медиана 174,2 мкгN/л), затем резкое увеличение на глубине 20–25 м, в монимолимнионе концентрация общего азота достигает 2681–3709 мкгN/л. По содержанию основных биогенных элементов в миксолимнионе, эту часть озера можно отнести к дистрофному типу [8, 11].

Озеро Темное

Озеро Темное является меромиктического водоемом [14]. Динамика распределения содержания основных биогенных элементов аналогична динамике их распределения в оз. Светлое. Однако если в оз. Светлое наблюдается резкое увеличение содержания фосфатов, аммонийного азота, нитритного азота, общего азота и общего фосфора, то в оз. Темное отмечено плавное увеличение их содержания. Содержание фосфатов в поверхностном горизонте варьирует от 4,0 до 14,0 мкгР/л, медиана 7,0 мкгР/л и достигает значений в придонном горизонте до 300 мкгР/л, что на порядок ниже, чем в оз. Светлое. Концентрация общего фосфора в поверхностном горизонте варьирует от 5,9 до 25,9 мкгР/л, медиана 11,5 мкгР/л и достигает значений

в придонном горизонте до 246,6 мкгР/л. Содержание аммонийного азота в поверхностных горизонтах составляет 43,6–264,3 мкгN/л, медиана 68,2 мкгN/л, в придонных горизонтах значение концентрации достигает 670,8 мкгN/л. Концентрация нитритного азота в поверхностных горизонтах составляет 2,6–4,7 мкгN/л, медиана 3,5 мкгN/л, в придонных горизонтах значение концентрации достигает 25,2 мкгN/л. Концентрация нитратного азота варьирует от 90,1 до 146,4 мкгN/л по всему водному столбу, медиана 131,5 мкгN/л. Содержание общего азота в поверхностных горизонтах составляет 365,5–441,1 мкгN/л, медиана 399,9 мкгN/л, в придонных горизонтах значение концентрации достигает 1430,5 мкгN/л. По содержанию основных биогенных элементов в миксолимнионе (перемешиваемой части озера) эту часть озера можно отнести к олиготрофному типу [8, 11].

Заключение

Анализ содержания биогенных элементов в исследуемых озерах показал, что, несмотря на широкий диапазон рН, РОУ, электропроводности и прозрачности вод исследуемых озер, по биогенным элементам озера отнесены всего лишь к двум типам: к олиготрофному (оз. Опогра, Соржское, Мудьюгское, миксолимнион оз. Темное) и дистрофному (оз. Иласское, Северное, миксолимнион оз. Светлое). Вероятно, это наиболее распространенные статусы для бореальных не подверженных прямому антропогенному воздействию озер. Исключением являются анаэробные зоны меромиктических оз. Светлое и Темное. В анаэробной зоне озер, монимолимнионе, происходит резкое увеличение содержания всех биогенных элементов. Монимолимнион меромиктических оз. Светлое и Темное отнесен к гиперэтрофному типу.

Список литературы

1. Poikane S., Kelly M.G., Varbiro G., Borics G., Eros T., Hellsten S., Kolada A., Lukacs B., Solheim A., Lopez J., Willby N., Wolfram G., Phillips G Estimating nutrient thresholds for eutrophication management: Novelinsights from understudied lake types // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 827. Article 154242. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154242.
2. Ашихмина Т.Я., Кутявина Т.И., Домнина Е.А. Изучение процессов эвтрофикации природных и искусственно созданных водоемов (литературный обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 6–13.
3. Vorobeva T.Y., Klimov S.I., Chupakov A.V., Pokrovsky O.S. Fish death in the mesotrophic lake Lekshmozero: possible causes // Lake Water: Properties and Uses (Case Studies of Hydrochemistry and Hydrobiology of Lakes in Northwest Russia). 2021. P. 71–87.
4. Кайгородов Р.В. Содержание биогенных элементов в воде бессточных открытых водоемов Тюменской области //

- Успехи современного естествознания. 2021. № 12. С. 127–131. DOI: 10.17513/use.37747.
5. Прасолов С.Д., Забелина С.А. Пространственная изменчивость потоков метана с поверхности контрастных бореальных озер // Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию: материалы III Международной молодежной научно-практической конференции (Архангельск, 26–28 апреля 2022 г.). Архангельск: Издательство Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, 2022. С. 361–364.
6. Теоретические вопросы классификации озер / Отв. ред. Н.П. Смирнов. СПб.: Наука. 1993. 186 с.
7. Верещагин Г.Ю. Методы морфометрической характеристики озер // Труды Олонецкой научной экспедиции. 1930. Ч. II. Вып. 1. С. 3–114.
8. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
9. Баранов И.В. Лимнологические типы озер СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 276 с.
10. Аналитические, кинетические и расчетные методы в гидрохимической практике / Под ред. П.А. Лозовика, Н.А. Ефременко. СПб.: Нестор-История, 2017. 272 с.
11. Неверова-Дзюпак Е.В., Цветкова Л.И. Оценка трофического статуса поверхностных вод. СПб.: СПбГАСУ, 2020. 176 с.
12. Кокрятская Н.М., Чупаков А.В., Титова К.В., Чупакова А.А., Забелина С.А., Морева О.Ю., Неверова Н.В., Жибарева Т.А. Гидролого-гидрохимические характеристики меромиктического железо-марганцевого пресноводного озера Светлое (Архангельская область) // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: биология. 2019. № 2. С. 147–159.
13. Savvichev A.S., Rusanov I.I., Zakharova E.E., Veslopolova E.F., Lunina O.N., Sigalevich P.A., Pimenov N.V., Gorlenko V.M., Kokryatskaya N.M., Zabelina S.A., Patutina E.O., Bumazhkin B.K., Gruzdev D.S., Kuznetsov B.B. Microbial processes of the carbon and sulfur cycles in an ice-covered, iron-rich meromictic lake Svetloe (Arkhangelsk region, Russia) // Environmental microbiology. 2017. Vol. 19, Is. 2. P. 659–672. DOI: 10.1111/1462-2920.13591.
14. Chupakov A.V., Chupakova A.A., Moreva O.Y., Shirokova L.S., Zabelina S.A., Vorobeva T.Y., Klimov S.I., Brovko O.S., Pokrovsky O.S. Allochthonous and autochthonous carbon in deep, organic-rich and organic-poor lakes of the European Russian subarctic // Boreal Environment Research. 2017. Vol. 22. P. 213–230.