



ИД «Академия Естествознания»

УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Научный журнал

№ 6 2024



ADVANCES IN CURRENT NATURAL SCIENCES

Scientific journal

No. 6 2024



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 *Абдулвалеев Р.Р.* (Уфа); д.г.-м.н., проф., *Абилхасимов Х.Б.* (Астана); д.т.н., проф. *Айдосов А.* (Алматы); д.г.-м.н., проф., *Алексеев С.В.* (Иркутск); д.х.н., проф., *Алоев В.З.* (Нальчик); д.г.н., проф. *Андреев С.С.* (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, *Андреева Е.С.* (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент *Анищенко Л.Н.* (Брянск); д.с.-х.н., проф. *Байрамбеков Ш.Б.* (Камызяк); д.т.н., проф. *Бейсембаев К.М.* (Караганда); д.т.н., проф. *Белозеров В.В.* (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент *Белоус О.Г.* (Сочи); д.с.-х.н., проф. *Берсон Г.З.* (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. *Бондарев В.И.* (Екатеринбург); д.т.н., профессор *Галкин А.Ф.* (Ухта); д.г.-м.н., проф. *Гавришин А.И.* (Новочеркасск); д.с.-х.н., *Горбачева А.Г.* (Пятигорск); д.с.-х.н., *Горянин О.И.* (Самара); д.г.-м.н., проф. *Гусев А.И.* (Бийск); д.с.-х.н., проф. *Данилин И.М.* (Красноярск); д.б.н., доцент *Долгов А.В.* (Мурманск); д.э.н., проф. *Долятовский В.А.* (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. *Дресвянников А.Ф.* (Казань); д.г.н., проф. *Егорина А.В.* (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. *Ерофеев В.И.* (Томск); д.с.-х.н., проф. *Залесов С.В.* (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент *Захарченко А.В.* (Томск); д.с.-х.н., проф. *Зволинский В.П.* (Волгоград); д.х.н., проф. *Ивашикевич А.Н.* (Москва); д.б.н., доцент *Кавцевич Н.Н.* (Мурманск); д.т.н., проф. *Калякин С.А.* (Донецк); д.с.-х.н., проф. *Караев М.К.* (Махачкала); д.г.-м.н., проф. *Кашаев А.А.* (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. *Кобрунов А.И.* (Ухта); д.г.-м.н., доцент *Копылов И.С.* (Пермь); д.г.-м.н., проф. *Костицын В.И.* (Пермь); д.с.-х.н., проф. *Костылев П.И.* (Зерноград); д.э.н., проф. *Косыкова И.В.* (Самара); д.с.-х.н., *Коцарева Н.Б.* (Белгород); д.т.н., доцент *Кузьяков 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. *Луговой 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. *Сакеев К.С.* (Бишкек); д.б.н. *Сибикеев С.Н.* (Саратов); д.с.-х.н., доцент *Сокольская О.Б.* (Саратов); д.т.н., проф. *Степанов В.В.* (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. *Тарасенко А.А.* (Тюмень); д.т.н. *Теплухин В.К.* (Октябрьский); д.э.н., проф. *Титов В.А.* (Москва); д.с.-х.н., проф. *Титов В.Н.* (Саратов); д.с.-х.н., проф. *Тихановский А.Н.* (Салехард); д.г.-м.н., проф. *Трофименко С.В.* (Нерюнгри); д.т.н., проф. *Ульрих Е.В.* (Кемерово); д.г.н., проф. *Чодураев Т.М.* (Бишкек); д.с.-х.н., проф. *Шамшиев Б.Н.* (Ош); д.т.н., проф. *Шантарин В.Д.* (Тюмень); д.т.н., проф. *Шатов А.А.* (Уфа); д.ф.-м.н., проф. *Ширатов Д.Ш.* (Улан-Удэ); д.т.н., проф. *Шишелова Т.И.* (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. *Шузунов Л.Ж.* (Нальчик); д.г.-м.н., проф. *Юргенсон Г.А.* (Чита); д.г.н., проф. *Яковенко Н.В.* (Воронеж); д.т.н., проф. *Ямалетдинова К.Ш.* (Челябинск)

ISSN 1681-7494

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

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

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,775

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,368

Периодичность

12 номеров в год

Учредитель, издатель и редакция

ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес

105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя

440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Типография

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

E-mail

edition@rae.ru

Телефон

+7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

28.06.2024

Дата выхода номера

31.07.2024

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

7,25

Тираж

1000 экз.

Заказ

УСЕ 2024/6

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 *Kuzuyakov 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	28.06.2024	Number issue date	31.07.2024
Format	60x90 1/8	Conditionally printed sheets	7,25
Circulation	1000 copies	Order	YCE 2024/6

Distribution at a free price

Subscription index in the Russian Post electronic catalog: P7816

© LLC PH Academy of Natural History

СОДЕРЖАНИЕ

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

СТАТЬЯ

СРАВНИТЕЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВУХ ВИДОВ
РОДА PRUNUS L.

Зыков И.Е., Баранов С.Г., Федорова Л.В., Липпонен И.Н., Прокопенко А.Д.6

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

СТАТЬИ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕОРГАНИЗОВАННОГО ТУРИЗМА
В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

Карпова Ю.И., Волкова Т.А., Комаров Д.А.12

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ГРУНТОВЫХ
ВОД В ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ
РЕКИ ИНСАР

Масляев В.Н., Маскайкин В.Н., Амирова Д.А., Чичкина Н.А.21

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
АГРОЛАНДШАФТОВ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОКРУГОВ
ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Мулендеева А.В., Никонова И.В., Ильин В.Н.27

БИОИНДИКАЦИЯ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА УРБАНИЗИРОВАННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КАЛИНИНГРАДА)

Романчук А.Ю., Барина Г.М., Бикташева Э.А., Рагулина И.Р.34

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

СТАТЬЯ

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАГАННЫХ СОДЕРЖАНИЙ
ПРИ ОЦЕНКЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Вяльцев А.С., Кирьяков Г.А.41

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

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

ГЕНЕЗИС ОЗЕР ОДНОТИПНЫХ ЛАНДШАФТОВ РЕЧНЫХ
ДОЛИН ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Горшкова А.Т., Рыков Р.А., Бортникова Н.В., Семанов Д.А., Горбунова В.П.50

CONTENTS

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

ARTICLE

COMPARATIVE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF TWO SPECIES OF THE GENUS PRUNUS L.

Zykov I.E., Baranov S.G., Fedorova L.V., Lipponen I.N., Prokopenko A.D.6

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

ARTICLES

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF UNORGANIZED TOURISM IN KRASNODAR REGION

Karpova Yu.I., Volkova T.A., Komarov D.A.12

ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SURFACE AND GROUNDWATER IN FLOODPLAIN LANDSCAPES OF THE MIDDLE REACHES OF THE INSAR RIVER

Maslyayev V.N., Maskaykin V.N., Amirova D.A., Chichkina N.A.21

ANALYSIS OF ECOLOGICAL SUSTAINABILITY OF MUNICIPAL DISTRICTS' AGROLANDSCAPES IN THE CHUVASH REPUBLIC

Mulendeeva A.V., Nikonorova I.V., Ilin V.N.27

BIOINDICATION AS A METHOD FOR ASSESSING ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN URBANIZED TERRITORIES (BASED ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF KALININGRAD)

Romanchuk A.Yu., Barinova G.M., Biktasheva E.A., Ragulina I.R.34

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)

ARTICLE

TECHNIQUES FOR DETERMINING EXTREMELY HIGH GRADES IN THE ESTIMATION OF MINERAL RESOURCES

Vyaltsev A.S., Kiryakov G.A.41

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

REVIEW

GENESIS OF LAKES OF THE SAME TYPE OF LANDSCAPES RIVER VALLEYS THE TERRITORY THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Gorshkova A.T., Rykov R.A., Bortnikova N.V., Semanov D.A., Gorbunova V.P.50

СТАТЬЯ

УДК 63:581.41:581.451:582.734.6
DOI 10.17513/use.38276

СРАВНИТЕЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВУХ ВИДОВ РОДА *PRUNUS* L.

¹Зыков И.Е., ²Баранов С.Г., ³Федорова Л.В., ⁴Липпонен И.Н., ¹Прокопенко А.Д.

¹ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет»,
Орехово-Зуево, e-mail: zikov-oz@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Владимир, e-mail: bar.serg58@gmail.com;

³ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова», Москва, e-mail: fedorova-oz@yandex.ru;

⁴Полярно-альпийский ботанический сад-институт имени Н.А. Аврорина,
Апатиты, e-mail: lipponen-in@yandex.ru

Проанализированы форма и асимметрия листовых пластин двух видов рода *Prunus* L.: черемухи обыкновенной (*P. padus* L.) и черемухи Маака (*P. maackii* Rupr.) в г. Москве. Особенности формы тестировались методом геометрической морфометрии. Флуктуирующая и направленная асимметрия определялись аналогом двухфакторного дисперсионного анализа в прокрустовом пространстве. Для сравнения использовалась формула нормирующей разности (ФА 2). Расчеты выполнялись в среде STATISTICA 10 (Stat.Ink) и включали: проверку на нормальность распределения (L–R) с помощью теста Колмогорова – Смирнова; оценку различия между размерами признаков и длиной листьев; корреляционный анализ Пирсона для оценки связи величины признака (L+R) и разности (L–R). По метрическому признаку ширине половины листа флуктуирующая асимметрия названных видов не отличалась. В морфо-геометрическом анализе общая асимметрия преимущественно содержала направленную асимметрию, превышавшую флуктуирующую асимметрию в 2,5–10,0 раза. Оба вида обладали высокой вариативностью формы листовых пластин ($p < 0,0001$). Морфо-геометрический метод выявил слабое проявление флуктуирующей асимметрии или ее отсутствие на фоне явственного различия в форме ($p < 0,001$), особенно листьев черемухи Маака. Метод геометрической морфометрии оказался эффективнее метода на основе метрических признаков и позволил установить, что в разные годы форма листовых пластин в большей степени зависела от условий среды, чем от генотипических особенностей исследованных видов.

Ключевые слова: *Prunus padus*, *Prunus maackii*, флуктуирующая асимметрия, двухфакторный дисперсионный анализ, морфо-геометрический анализ

COMPARATIVE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF TWO SPECIES OF THE GENUS *PRUNUS* L.

¹Zykov I.E., ²Baranov S.G., ³Fedorova L.V., ⁴Lipponen I.N., ¹Prokopenko A.D.

¹State University of Humanities and Technology, Orekhovo-Zuyevo, e-mail: zikov-oz@yandex.ru;

²Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir,
e-mail: bar.serg58@gmail.com;

³The First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov, Moscow,
e-mail: fedorova-oz@yandex.ru;

⁴Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named after N.A. Avrorin, Apatity,
e-mail: lipponen-in@yandex.ru

The shape and asymmetry of the leaf blades of two species of the genus *Prunus* L. it analyzed: the common bird cherry (*P. padus* L.) and the Maak bird cherry (*P. maackii* Rupr.) in Moscow. The shape features tested using geometric morphometrics. Fluctuating and directional asymmetry were determined by an analogue of two-factor analysis of variance in Procrustes space. For comparison, the normalizing difference formula (FA 2) used. The calculations were performed in the STATISTICA 10 environment (Stat.Ink) and included: checking for the normality of the distribution (L–R) using the Kolmogorov-Smirnov test; evaluating the difference between the size of the signs and the length of the leaves; Pearson correlation analysis to assess the relationship between the magnitude of the sign (L+R) and the difference (L–R). The fluctuating asymmetry of the named species did not differ according to the metric feature of the width of half of the leaf. In the morpho-geometric analysis, the general asymmetry mainly contained directional asymmetry, exceeding the fluctuating asymmetry by 2.5-10.0 times. Both species had high variability in the shape of leaf blades ($p < 0.0001$). The morpho-geometric method revealed a weak manifestation of fluctuating asymmetry or its absence, against the background of a clear difference in shape ($p < 0,001$), especially the leaves of the Maak cherry. The geometric morphometrics proved to be more effective than the method based on metric features and allowed us to establish that in different years the shape of leaf plates depended more on environmental conditions than on the genotypic features of the studied species.

Keywords: *Prunus padus*, *Prunus maackii*, fluctuating asymmetry, two-way analysis of variance, morpho-geometric analysis

Черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.) – древовидное тетраплоидное растение, не образующее гибридов, обычное для большей части территории России, распространено на север до Кольского полуострова, на восток до Охотского моря. По современной классификации *P. padus* относится к секции *Laurocerasus* подрода Вишня (*Cerasus* (Mill.) A. Gray). Для листовых пластин характерно слабое дуговидное жилкование и удлиненная правая половина на абаксиальной поверхности, то есть ее листья нельзя назвать строго симметричными. Жилки листовых пластин *P. padus* не имеют четких окончаний, поэтому для определения величины флуктуирующей асимметрии используется признак ширины половинок листа [1].

Дальневосточный вид – черемуха Маака (*P. maackii* Rupr.), названная в честь исследователя Сибири Ричарда Карловича Маака, значительно отличается от обыкновенной черемухи по окраске ствола, форме кроны и соцветий. У этого дерева листья крупные, длиной до 12 см, опушенные, овальные или широколанцетные с оттянутой вершиной, клиновидным основанием и пильчато-реснитчатым краем. В природе встречается в Приморском крае и Амурской области, за пределами Российской Федерации – в КНР (северо-восточные провинции) и на Корейском полуострове.

Известно, что оба вида обладают значительной внутривидовой фенотипической изменчивостью [2], а черемуха обыкновенная, кроме того, проявляет высокий полиморфизм на генотипическом уровне [3, 4]. В предыдущих исследованиях установлено, что *P. padus* обладала большей изменчивостью формы листовых пластин в северных популяциях, например в Мурманске (68°58'00" с.ш., 33°05'00" в.д.). Эта изменчивость сопровождалась меньшей асимметричностью, по сравнению с подмосковной (Электросталь, 55°47'22" с.ш., 38°26'48" в.д.) и владимирской (56°08'11" с.ш., 40°23'47" в.д.) популяциями, где получены более высокие значения асимметрии [5].

Целью работы являлся ответ на вопрос: существуют ли различия между двумя видами в флуктуационной изменчивости листовых пластин.

В задачи входило определение и сравнение флуктуирующей асимметрии (ФА) метрическим способом и при помощи координат меток, наносимых по краям листовых пластин, а также сравнение их формы.

Материалы и методы исследования

Листья обоих видов черемухи, максимально близкие по размерам, были собраны в 2021–2023 гг. (август) с нижних частей крон деревьев в Москве: черемухи Маака – в районе Тропарево-Никулино (55°40'00" с.ш., 37°28'00" в.д.), черемухи обыкновенной – в парке Серебряный Бор (Хорошевский лесопарк) (55°46'49" с.ш., 37°24'58" в.д.), являющимся памятником природы регионального значения (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид листовой пластины. Слева – черемуха Маака (*Prunus maackii* Rupr.), справа – черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.)

Сбор листьев проведен в разных ценопопуляциях с деревьев высотой до 15 м, с тщательной выбраковкой крупных и мелких листовых пластин. В каждой точке отобрано по 10 листьев с 7 деревьев. Листья высушены под прессом и отсканированы с сантиметровой линейкой. Затем проведено двукратное измерение с помощью дигитайзера Dig2 из пакета серии TPS (Rholf, 2014). Базовые статистические анализы выполнены в таблицах Excel. Проверены свойства частотного распределения (L–R), где L и R – величина левого и правого признака.

Основные расчеты проведены в таблицах STATISTICA 10 (Stat.Ink) и включают:

- проверку на нормальность распределения (L–R) с помощью теста Колмогорова – Смирнова;
- оценку различия между размерами признаков и длиной листьев;
- корреляционный анализ Пирсона для оценки связи величины признака (L+R) и разности (L–R).

Каждому значению L и R присваивался код «левый» или «правый» и проводился двухфакторный дисперсионный анализ. Полученные данные средних квадратов (MS) и степеней свободы (df) переносились в Excel (FA_calc; Palmer, 2003). После этого проводился анализ смешанной модели с ранжировкой p -значения (коррекция Бонферони) и оценка уровня направленной асимметрии (НА) по t -критерию.

Обобщенный прокрустов анализ (GPA) и ковариационный анализ проведены в программе MorphoJ (Klingenberg, 2011). Для этого были нанесены две истинные (true landmark) метки в основании и вершине каждой листовой пластины. Затем наносилась ломаная кривая по всему контуру листа с 30–35 метками и автоматически равномерно выставлялось 100 полуметок (semilandmark), по 50 с левой и правой стороны (рис. 2).

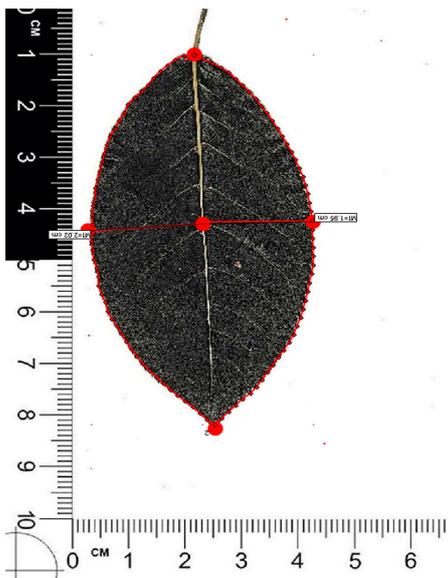


Рис. 2. Мерный признак ширины половины листа, две истинные метки в его основании и вершине и 100 полуметок по контуру листовой пластины (TPSDig2) [1]

Такая разметка выполнялась дважды, по направлению и против часовой стрелки. Координаты меток переводились из текстового формата в формат TPS. Таким образом, каждой листовой пластине соответствовали 2 файла с координатами XY для 102 меток (рис. 2). Файлы объединялись (TPSutil 1.78; опция append fail), создавался один файл, позволявший генерировать консенсусный файл со строгой симметрией для последующего дисперсионного анализа (определе-

ние ФА и НА) и ковариационного анализа (различие в форме и асимметрии) на основе прокрустовых дистанций.

Дисперсия координат включала компонент формы и компонент асимметричности. Асимметричность объединяла оба типа асимметрии: флуктуирующую и направленную. Двухфакторный дисперсионный анализ (случайный фактор «лист» и фиксированный – «сторона») позволял определять ФА и НА и констатировать различия в форме листовых пластинок изучаемой популяции (фактор «лист»). Величина флуктуирующей и направленной асимметрии определялись по F критерию Гудолла взаимодействия «лист × сторона» (ФА) и фактора «сторона» (НА).

Пермутационное размножение значений прокрустовых расстояний до 10000 раз использовалось для нормализации, во всех анализах принимался статистический уровень значимости 95 %.

Результаты исследования и их обсуждение

а) Мерные признаки

Как по длине, так и по ширине листья различались существенно. Среднее значение длины листа от основания до вершины у черемухи Маака было больше ($10,78 \pm 0,18$) ($p = 0,003$), чем у черемухи обыкновенной – ($10,02 \pm 0,21$), ширины листа – больше у черемухи обыкновенной ($2,7 \pm 0,024$) ($p < 0,001$), по сравнению с черемухой Маака ($2,4 \pm 0,018$).

б) Нормальность распределения и другие виды асимметрии

Определение нормальности распределения разности L–R, взятой со знаком – важный этап работы по определению флуктуирующей асимметрии. Наиболее простым способом является постановка теста Колмогорова – Смирнова с проверкой нулевой гипотезы на соответствие имеющегося распределения теоретическому (нормальному). В нашем случае у обоих видов уровень p превышал 0,02, что свидетельствовало о правильности нулевой гипотезы. T -тест с разными дисперсиями (для большей точности) выборок L и R на направленную асимметрию дал следующие результаты: $P. padus$ – $df = 258$; $p = 0,6$; $P. maackii$ – $df = 130$; $p > 0,05$.

Антисимметрию определяли по корреляции между выборками L и R. При непараметрическом распределении принято использовать корреляцию Спирмена, а при параметрическом – корреляцию Пирсо-

на. Отрицательная связь свидетельствует о присутствии антисимметрии [6]. В нашем случае коэффициентом r Спирмена выявлена слабая отрицательная корреляция ($r = -0,17$; $p < 0,05$), указывающая скорее на обычную пластическую зависимость между билатеральными признаками, или слабое присутствие антисимметрии (эксцесс распределения (L–R) $\gamma = -0,45 \pm 0,4$).

в) Аллометрия

Для проверки аллометрической связи между величиной признака и разностью L–R (абсолютное значение) использована корреляция Пирсона. Получена слабо отрицательная связь, $r = -0,013$ (*P. taackii*) и $r = -0,022$ (*P. padus*), везде $-p > 0,05$. Эти результаты подтверждают отсутствие аллометрической связи и способствуют верифицированному определению флуктуирующей асимметрии.

г) Двухфакторный дисперсионный анализ

Для сравнения были использованы данные предыдущих лет [1, 5], полученные в популяциях черемухи обыкновенной в Московской области. В табл. 1 показаны результаты смешанной модели двухфакторного анализа, ошибка измерения, уровень значимости Бонферрони и значение индекса FA10 (FA_calc.Excel).

Такая модель смешанного двухфакторного анализа учитывает дисперсии значений L, R и размеров листовых пластин. Метод следует применять для отсеивания незначимой НА и учета ошибки измерения не только в исследованиях ФА листовых пластин, но и хвойных растений при тестировании отклика на индустриальный стресс [6, 7]. Несмотря на преимущества этого

анализа в получении «чистой» ФА, индекс ФА10 имеет тенденцию к завышению [8]. Практически уровень ФА10 был одинаков во всех популяциях, то есть оба вида черемухи не отличались по флуктуирующей асимметрии в разные годы.

д) Метод геометрической морфометрии

Метод геометрической морфометрии основан на преобразовании формы биологического объекта в билатерально-симметричную фигуру. Для этой цели выполняется алгоритм зеркального отражения билатеральных структур, поворот меток для усреднения формы и размера. Консенсусная фигура (центроид) служит своеобразным эталоном. Относительно центроида рассчитываются отклонения в дисперсии координат меток. Прокрустово расстояние (Procrustes distance) – квадратный корень отклонения меток от усредненного значения, используется для определения билатеральной асимметрии.

Антисимметрия – это редкое явление в листовых пластинах. Нормализация большим числом случайных повторений, как правило, сглаживает ее проявление.

Метод геометрической морфометрии целесообразно использовать при анализе популяций с листовыми пластинами разной величины, при тестировании изменчивости формы, пластической изменчивости и особенностей шума онтогенетического развития [1].

Морфо-геометрический анализ, основанный на координатах меток, расставляемых по контуру листовой пластины, показал изменчивость общей асимметрии и формы (табл. 2).

Таблица 1

Индекс ФА10, рассчитанный по метрическому признаку ширины листовой пластины

Site, year	2 way ANOVA, p values						Measurement error % from variance difference L and R	Bonferroni α	FA10	df
	side		leaf		side a × leaf					
	F	p	F	p	F	p				
<i>P. padus</i> (2023)	1.53	0.221	21.50	0.00	7.62	0.00	13.12	0.01	0.01*	47.91
<i>P. taackii</i> (2023)	4.97	0.031	29.16	0.00	5.96	0.00	16.77	0.02	0.01*	29.38
<i>P. padus</i> (2021)	2.75	0.103	46.57	0.00	4.10	0.00	24.40	0.03	0.00*	33.23
<i>P. padus</i> (2022)	0.08	0.779	107.36	0.00	1.10	0.306	90.94	0.05	0.00 ^{ns}	0.40

Обозначения: site, year – место сбора, год; 2 way ANOVA, p values – p -уровень значимости смешанной модели двухфакторного дисперсионного анализа; side – сторона; leaf – лист; measurement error... – ошибка измерения дисперсии разности L – R, взятой со знаком (%); Bonferroni α – уровень значимости α по коррекции Бонферрони; * – статистически значимо; ns – статистически не значимо.

Таблица 2

Прокрустовы дистанции (множества координат двух видов рода *Prunus* L.)

	Асимметрия			Форма		
	<i>P. padus</i> (2023)	<i>P. maackii</i> (2023)	<i>P. padus</i> (2021)	<i>P. padus</i> (2023)	<i>P. maackii</i> (2023)	<i>P. padus</i> (2021)
<i>P. padus</i> (2023)	х			х		
<i>P. maackii</i> (2023)	0.004 ^{ns}	х		0.04 ^{**}	х	
<i>P. padus</i> (2021)	0.03 [*]	0.032 [*]	х	0.02 [*]	0.05 ^{**}	х

Обозначения: ns – $p > 0.05$; * – $p = 0.001$; ** – $p < 0.0001$.

По асимметрии листовых пластин *P. maackii* отличалась от *P. padus* на уровне $p = 0,001$, как и ранее изученные популяции черемухи обыкновенной различались между собой [5]. Форма листовых пластин также имела различия, но на более высоком статистическом уровне значимости ($p < 0,0001$).

Методом геометрической морфометрии установлено, что индивидуальное различие листовых пластин варьирует у черемухи обыкновенной от незначимого ($F = 0,1$; $p = 0,9$) до существенно значимого ($F = 2,79$; $p < 0,0001$). Черемуха Маака обладала более выраженной вариативностью формы ($F = 4,41$; $p < 0,0001$). В обеих популяциях выявлена направленная асимметрия $p < 0,0001$.

Для черемухи Маака статистически значимая флуктуирующая асимметрия не установлена («лист×сторона»; $F = 1,03$; $p = 0,19$). В популяции *P. padus* выявлена статистически значимая ФА. Коэффициент Гудолла F был в 2,5–10,0 раза выше в факторе «сторона» (направленная асимметрия), что свидетельствовало о превалировании направленной асимметрии над флуктуирующей в листьях черемухи обыкновенной.

Заключение

Форма листовых пластин *P. maackii* более вариабельна при низкой или незначимой флуктуирующей асимметрии. Вероятная причина этого – высокая доля фенотипической изменчивости. Проявление направленной асимметрии следует рассматривать как генотипическое свойство генетического полиморфизма. Возможно, что низкая флуктуирующая асимметрия листовых пластин связана с морозоустойчивостью обоих видов черемухи и, соответственно, с высокой стабильностью их развития в разных регионах. Метод геометрической морфометрии

может быть использован для оценки влияния шума развития, который, в свою очередь, имеет генотипическое и чисто средовое происхождение. По сравнению с мерными признаками, координаты ХУ меток скорее объясняют влияние среды. Остается открытым вопрос о корреляционных особенностях мерных признаков и их связи с формой листовых пластин.

Возможно как независимое, так и взаимозависимое проявление пластической и флуктуационной изменчивости. Для растений освещение и температура – важнейшие экофакторы, влияющие на индуцирование и моделирование как детерминистских, так и стохастических процессов шума онтогенетического развития [9], который нейтрализует возмущения в биологической системе и, вероятно, обладает высокой вариативностью [10].

С одной стороны, флуктуирующая асимметрия – случайный сигнал, отражающий индуцированный всплеск внутреннего генетического шума развития, с другой стороны – сигнал, детерминированный внешним воздействием среды. Черемуха обыкновенная имеет отклонение в стабильности развития, что отражает внутривидовую специфическую ответную реакцию. Обоснованием может служить высокая термофильность этого вида и суженная норма температурной реакции.

Несмотря на значительную вариабельность листьев черемухи Маака флуктуационная изменчивость для нее не установлена. Такая зависимость характеризует высокую пластичность вида в совокупности с низкой ФА или ее отсутствием.

Математическое моделирование широко используется для изучения пластической изменчивости как адаптивного фенотипического свойства. Связь пластичности и нестабильности определяется и на основе

молекулярно-генетической базы разных локусов генов с выводом о негативной корреляции между ФА и пластической изменчивостью. Такие работы имеют значение для определения локализации генов.

Список литературы

1. Зыков И.Е., Баранов С.Г., Полоскова Е.Ю., Липпонен И.Н., Гончарова О.А., Прокопенко А.Д. Популяционная изменчивость листовых пластин *Prunus adus* L. // Успехи современного естествознания, 2022. № 4. С. 29–34. DOI: 10.17513/use37805.
2. Локтева А.В., Симагин В.С. Изменчивость признаков листа вишни Маака (*Prunus maackkii* Rupr.). Региональные геосистемы. 2013. № 24 (167). С. 25–31.
3. Бурлаков Ю.А. Генетическая изменчивость *Padus avium* Mill. в Евразии. М., 2018. 18 с.
4. Баранов С.Г. Соотношение генотип-фенотип, определяемое геометрической морфометрией // Journal of bioinformatics and genomics. 2023. № 2 (20). DOI: 10.18454/jbg2023.20.2.003.
5. Baranov S., Zykov I., Prokopenko A., Fedorova L., Lipponen I. Data distribution and asymmetry in leaf blade *Prunus padus* L. E3S Web of Conferences // EDP Sciences. 2023. Vol. 420. P. 01001. DOI: 10.1051/e3sconf/202342001001.
6. Kozlov G., Pushkarev M., Trubnikova A., Goreva A., Ivanova M., Fedorova N., Sovestnov A. Fluctuating asymmetry of silver birch *Betula pendula* Roth in industrial and recreational zones of the South-West of St. Petersburg. E3S Web of Conferences // EDP Sciences. 2020. Vol. 215. P. 03002. DOI: 10.1051/e3sconf/202021503002.
7. Kozlov G., Pushkarev M., Belyaeva I., Maksimova A., Shvidkoy S., Belyaev D. Fluctuating asymmetry of the needles of *Pinus brutia* var. *pityusa* (STEVEN) SILBA, 1985, growing in industrial and recreational areas in Tuapse. E3S Web of Conferences // EDP Sciences. 2020. Vol. 224. P. 04044. DOI: 10.1051/e3sconf/202022404044.
8. Graham J.H., Emlen J.M., Freeman D.C., Leamy L.J., Kieser J.A. Directional asymmetry and the measurement of developmental instability // Biological Journal of the Linnean Society. 1998. Vol. 64. № 1. P. 1–16. DOI: 10.1006/bijl1998.0217.
9. Graham J.H. Nature, nurture, and noise: Developmental instability, fluctuating asymmetry, and the causes of phenotypic variation. *Symmetry*. 2021. Vol. 13. № 7. P. 1–14. DOI: 10.3390/sym13071204.
10. Salazar-Ciudad I., Jernvall J., Newman S.A. Mechanisms of pattern formation in development and evolution // *Development*. 2003. Vol. 130. P. 2027–2037. DOI: 10.1242/dev.00425.

СТАТЬИ

УДК 912.43:796.5

DOI 10.17513/use.38277

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕОРГАНИЗОВАННОГО ТУРИЗМА
В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ****Карпова Ю.И., Волкова Т.А., Комаров Д.А.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар,**e-mail: mist-next4@inbox.ru*

С каждым годом в ходе интенсивного развития туризма у общества меняются интересы по отношению к организации своего путешествия, туристы все больше отдают предпочтение самостоятельным турпоездам. По статистическим данным можно проследить тенденцию пошагового увеличения доли неорганизованного туризма в его общих масштабах. Целью исследования стал анализ современного состояния и определение перспектив развития неорганизованного туризма на территории Краснодарского края. Число самостоятельных туристов в Краснодарском крае и по стране в целом на сегодняшний день оценивается лишь экспертно, так как статистическая отчетность содержит данные только по коллективным средствам размещения, при этом отражая лишь часть реального турпотока. Главная особенность туристического потока края проявляется в высокой доле неорганизованных туристов – более 50%, они прибывают в курортную зону края без путевок и проживают в индивидуальных средствах размещения. В статье представлены результаты статистического и экспертного анализа современного состояния неорганизованного туризма на территории Краснодарского края, приводятся основные тенденции и перспективы развития указанного вида туризма. Интерес потребителей к неорганизованному туризму в Краснодарском крае довольно высокий, и с годами он будет только расти, тем самым замещая организованный туризм. Тренд на самостоятельные путешествия поддерживается развитием современных средств коммуникаций, мобильных приложений и сервисов аренды, которыми может воспользоваться любой человек, планируя предстоящий отпуск.

Ключевые слова: Краснодарский край, туризм, неорганизованный туризм, самостоятельный туризм, автотуризм, турпоток, индивидуальные средства размещения, самостоятельные путешествия

**PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF UNORGANIZED TOURISM
IN KRASNODAR REGION****Karpova Yu.I., Volkova T.A., Komarov D.A.***Kuban State University, Krasnodar, e-mail: mist-next4@inbox*

Every year, in the course of the intensive development of tourism, the interests of the society in relation to the organization of their travel are changing, tourists are increasingly giving preference to independent tours. According to statistical data, one can trace the trend of a step-by-step increase in the share of unorganized tourism in its overall scale. The aim of the study was to analyze the current state and determine the prospects for the development of unorganized tourism in the Krasnodar region. The number of independent tourists in the Krasnodar region and throughout the country as a whole is currently estimated only by experts, since statistical reporting contains data only on collective accommodation facilities, while reflecting only a part of the real tourist flow. The main feature of the tourist flow of the region is manifested in a high proportion of unorganized tourists – more than 50%, they arrive in the resort area of the region without vouchers and live in individual accommodation facilities. The article presents the results of a statistical and expert analysis of the current state of unorganized tourism in the Krasnodar region, the main trends and prospects for the development of this type of tourism. Consumer interest in unorganized tourism in the Krasnodar region is quite high and over the years it will only grow, thereby replacing organized tourism. The independent travel trend is supported by the development of modern means of communication, mobile applications and rental services that anyone can use when planning an upcoming vacation.

Keywords: Krasnodar region, tourism, unorganized tourism, amateur tourism, autotourism, tourist flow, individual accommodation facilities, independent travel

Изменения в экономике, развитие технологий электронного бронирования, политическая ситуация, обилие открытой информации и многое другое влияют на индивидуализацию туризма: теперь для того, чтобы отправиться в поездку, необязательно прибегать к использованию услуг турагентов, достаточно установить пару приложений на смартфон. Наиболее остро вопросы актуальности самостоятельного туризма встали в период пандемии. Современные туристы, привыкшие к самостоятельности и активности, все чаще ищут способы реа-

лизации своего творческого и личностного потенциала через путешествия, а самостоятельный туризм, привлекая все больше новых участников, может стать той нишей, которая обеспечит приток денежных средств в дестинации и поспособствует развитию внутреннего туризма в РФ.

Самостоятельный туризм в последнее время развивался высокими темпами. Во внутреннем туризме наблюдается тенденция улучшения сервисов взаимодействия с потенциальными клиентами и качества их обслуживания. Но есть и обратная

тенденция в сокращении турпотока в выездном туризме. По данным статистики Погранслужбы ФСБ РФ, в первом полугодии 2022 г. выездной турпоток оказался на 60% меньше, чем в том же периоде 2019 г. [1]. В связи с возникшей в мире эпидемией коронавируса в 2020 г. и впоследствии специальной военной операцией в 2022–2023 гг., неорганизованные туристы пострадали в большей степени. В настоящее время наблюдается перестройка сознания данного контингента туристов, все больше туристов отдают предпочтение организованному туризму, во всяком случае, относительно выездных направлений, ведь организованные туристы, приобретающие турпродукт официально, защищены с юридической точки зрения, возможен возврат средств, в то время как неорганизованные никак не защищены. Мнение вице-президента АТОР, главы холдинга «Русский Экспресс» Тараса Кобищанова: «Если раньше доля самостоятельных путешественников в выездном туризме составляла 40%, то сейчас – около 16%. Это значит, что сейчас больше, чем 4/5 всех российских туристов в 2022 году, оформляют поездки за рубеж через турагентов и туроператоров» [1]. Во внутреннем туризме прослеживается такая же тенденция, так как на данный момент приобрести турпродукт у туроператора порой бывает выгоднее, нежели сформировать свой тур самостоятельно, и все больше людей это осознают. Кроме того, многое зависит от выбранного вида туризма: если, к примеру, выбор пал на круизный, то в большинстве случаев туристы обращаются в турфирму. К тому же уход с рынка системы бронирования Booking.com серьезно сказывается на самостоятельной организации поездки, поскольку данный агрегатор охватывал 80% рынка. В 2023 г. спрос на внутренние путешествия по многим направлениям сравнялся с допандемийными показателями, это объясняется тем, что, планируя тур по стране в условиях ограничений, турист получает больше определенности. На конец 2022 г. и начало текущего года лидирующими направлениями зимнего сезона стали Краснодарский край (Сочи – приморский кластер, Анапа, Геленджик, Сочи – горнолыжный отдых), г. Москва и Подмосковье, г. Санкт-Петербург, горнолыжные курорты (кроме Сочи) [2].

Согласно статистическим данным можно проследить тенденцию пошагового увеличения доли неорганизованного туризма в его общих масштабах. Доля россиян, которые организуют свой отпуск самостоя-

тельно, будет расти, а конкурентоспособность сохранят только представленные в интернете туроператоры. Выход самостоятельного туризма на новый уровень развития в будущем может существенно повлиять на структуру туристского рынка как в плане его субъектов, профессиональных туроператоров и турагентов, так и в плане целевой аудитории.

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

Материалы и методы исследования

Информационная база исследования – материалы исследования Ассоциации туроператоров РФ, Федеральной службы государственной статистики РФ, Министерства курортов, туризма и олимпийского наследия Краснодарского края, законодательные акты, исследовательские отчеты ФБОУ ВО КубГУ, научные труды авторов. Методы исследования: анализ научно-методических источников, обобщение теоретического материала, анализ статистических данных, ретроспективный анализ, системный анализ.

Результаты исследования и их обсуждение

Краснодарский край является главным курортным регионом страны и крупнейшим рекреационным регионом юга России, который состоит из 18 курортно-рекреационных территорий, расположенных на побережье двух морей – Черного и Азовского. Развитию рекреационного комплекса способствуют ландшафтное разнообразие территории, высокая плотность путей сообщения. На курорты Краснодарского края туристы возвращаются снова и снова, выбирая для отдыха морское побережье или Кавказские горы. Краснодарский край в силу своего динамичного развития в туристской сфере подходит для развития большинства видов туризма, тем самым привлекая туристов со всех уголков страны. Помимо сезонного пляжно-купального отдыха регион также привлекает любителей природных достопримечательностей, походов, в том числе в горы, а также славится своими горнолыжными курортами. Год за годом в крае поток туристов становится все больше, в частности неорганизованных, которые хотят возвращаться в регион вновь и вновь. Число самостоятельных туристов в Краснодарском крае и по стране в целом на сегодняшний день оценивается лишь

экспертно, в связи с тем, что отчетность содержит информацию только о коллективных средствах размещения, она отражает лишь часть реального потока туристов. Основная особенность туристического потока региона проявляется в высоком проценте неорганизованных туристов – более 50%, которые приезжают на курорт без бронирования и останавливаются в частных домах или квартирах. В 2008 г. Департаментом статистики и вспомогательного счета туризма Всемирной туристской организации (ЮНВТО) и Статистическим отделом Организации Объединенных Наций были разработаны международные рекомендации по статистике туризма [3]. В них отмечалась необходимость использования других статистических методов для учета внутреннего туризма. Было предложено проводить опросы домохозяйств путем анкетирования, чтобы проанализировать поездки людей и услуги проживания, предоставляемые хозяевами.

Это в дальнейшем и было проделано в Краснодарском крае, первое официальное исследование было проведено в 2013 г., второе – в 2016 г. В 2013 г. кафедрой международного туризма и менеджмента ФГБОУ ВО КубГУ по заказу Министерства курортов и туризма Краснодарского края было проведено комплексное исследование индивидуальных средств размещения в курортных районах Краснодарского края. В результате данного исследования было опрошено 2100 респондентов, проведен опрос каждого домохозяйства, расположенного в выбранном квартале по следующим муниципальным образованиям (МО) – г. Анапа, г. Геленджик, г. Новороссийск, г. Горячий Ключ, Туапсинский район, Ейский район, Темрюкский район, Апшеронский

район, Приморско-Ахтарский район, а также в 2017 г. был проведен ретроспективный анализ развития туризма в Краснодарском крае. Анализ итоговых данных относительно численности туристов, размещавшихся в указанных МО, размещавшихся в ИСР, рассмотрим в таблице.

С 2016 г. исследования по выявлению количества туристов, проживающих в индивидуальных средствах размещения курортной зоны Краснодарского края, не проводились и соответствующие данные в официальных источниках отсутствуют.

В каждом регионе существует своя система подсчета самостоятельных туристов. В Краснодарском крае туристы рассматривались в трех категориях: организованные туристы, неорганизованные туристы, однодневные посетители. Под однодневными посетителями понимаются экскурсанты и туристы, посещающие территорию без ночевки. Неорганизованные туристы – туристы, самостоятельно организующие свое пребывание на территории края и чаще всего размещающиеся в индивидуальных средствах размещения.

Ранее официальные статистические данные не являлись единственным источником информации о структуре туристского потока в регионе, в процессе оперативных исследований собирается информация средств размещения (индивидуальных и коллективных). Но с 2016 г. дополнительные региональные исследования не проводятся. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея предоставляет данные по показателям сферы туризма, основанные на результатах статистических наблюдений с использованием методик, утвержденных на уровне Росстата.

Численность туристов, размещавшихся в индивидуальных средствах размещения курортной зоны края

Год	Общее число домохозяйств в курортной зоне, единиц, всего	Доля домохозяйств, сдавших жилье, %		Общая численность туристов, тыс. чел.		Всего туристов, тыс. чел.
		Туристам	Родственникам (знакомым)	Туристов	Родственников (знакомых)	
2006	102000	–	–	4763	418	5181
2011	–	–	–	4247	402	4649
2012	361274	25,1	22,5	4588	423	5011
2013	361274	23,9	22,9	4404	414	4818
2015	–	–	–	5237	575	5812
2016	–	–	–	5812	612	6424

Примечание. Составлена авторами.

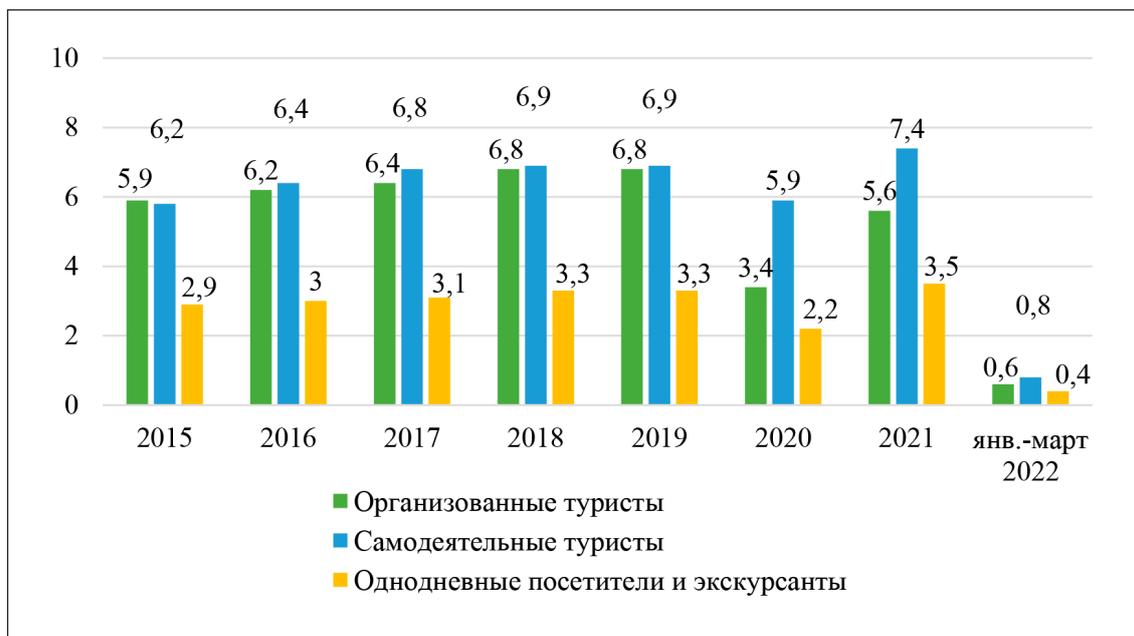


Рис. 1. Структура турпотока Краснодарского края в 2015–2022 гг., млн чел.
 Источник: составлено авторами

В 2019 г. турпоток, принятый Краснодарским краем, составил 17 млн чел., включая 3,7 млн чел. однодневных посетителей и 6,9 млн чел., остановившихся в индивидуальных средствах размещения (рис. 1).

Исходя из данных о туристическом потоке, можно выделить, что за период с 2017 по 2019 г. количество туристов в крае составило 16,3 и 17 млн чел. соответственно. В 2020 г. туристический поток на курортах Краснодарского края значительно снизился, в крае отдохнули 11,5 млн чел., из них организованные туристы составили 3,4 млн чел., самостоятельные туристы – 5,9 млн чел., а однодневные посетители – 2,2 млн чел. Таким образом, число неорганизованных туристов вместе с однодневными и самостоятельными достигло 8,1 млн чел., что составляет около 70% общего числа отдыхающих. В 2021 г. туристический поток начал восстанавливаться, при этом организованные туристы составили 5,6 млн чел., самостоятельные туристы – 7,4 млн чел., а однодневные посетители – 3,5 млн чел.

Анализируя показатели текущего года, видим, что за 3 месяца численность неорганизованных туристов вместе с однодневными и самостоятельными составила 1,2 млн чел.

По данным с официального сайта Министерства курортов, туризма и олимпийского

наследия Краснодарского края в 2020 г. в период максимальной заполняемости номерного фонда (август 2020 г.) в крае функционировало 8845 средств размещения с емкостью 546170 мест, из них коллективные средства размещения – 5035 объектов на 481045 мест; индивидуальные средства размещения – 3810 объектов на 65125 мест [4].

Касаясь вопроса доходов индивидуальных средств размещения от обслуживания туристов, их объем в 2019 г. составил 52,2 млн руб., в 2020 г. доходы снизились до 33,9 млн руб. из-за невысокого турпотока. Тем не менее в 2021 г. вернулись к прежним цифрам и практически достигли доходов 2019 г. – 50,5 млн руб. (без НДС, акцизов и аналогичных платежей). Объем услуг курортно-туристского комплекса Краснодарского края с учетом неорганизованного сектора представлен на рис. 2.

Доходы ИСР к 2021 г. в целом выросли на 14 млрд руб. и превысили на тот момент 22 млрд руб. Тем самым анализ полученных данных за 2021 г. показал, что объем услуг курортно-туристского комплекса в крае составил в общем 126,2 млрд руб., из них 18% доходов от ИСР. Региональные и муниципальные власти проявляют немалый интерес к ИСР, организовав их налоговый учет по курортным территориям края, следовательно, это сказывается на столь высоких показателях доходности.

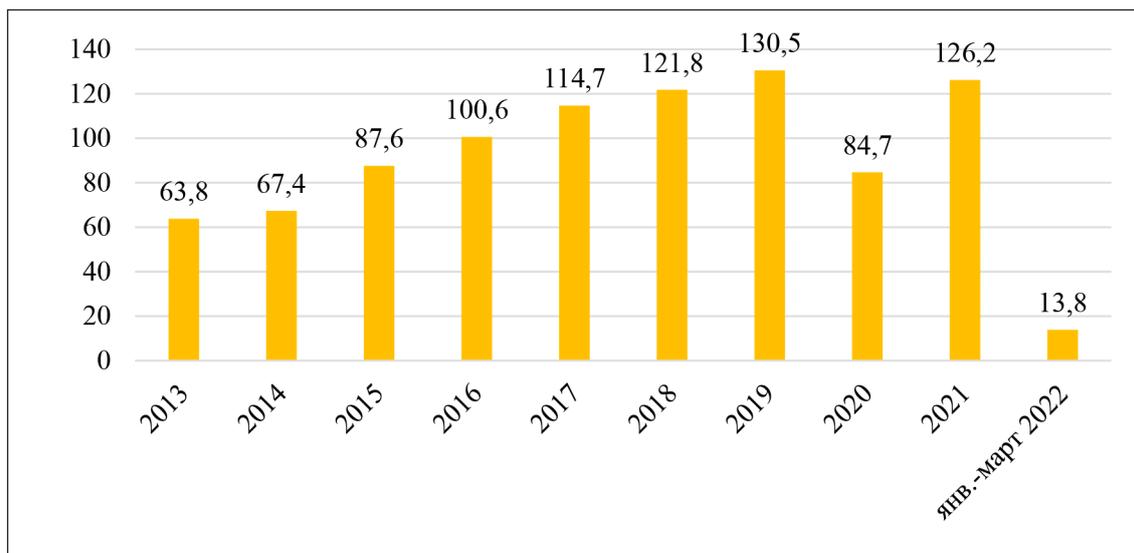


Рис. 2. Объем услуг курортно-туристского комплекса Краснодарского края в 2013–2022 гг., млрд руб.

По результатам исследования было выявлено, что особо привлекательной для неорганизованных бюджетных туристов, в частности любителей активного отдыха, является коса Долгая, ее посещаемость возросла в разы и имеет хорошие перспективы. К тому же развитию ст. Должанская уделяется большое внимание, в особенности туристско-рекреационному использованию косы Долгая. В основном люди выбирают ст. Должанскую как привлекательное направление для летнего отдыха, где можно заняться экстремальными видами спорта, такими как виндсерфинг или кайтинг, либо же просто насладиться пляжно-купальным отдыхом, целебными свойствами моря [5].

В 2013 г. на основании прогноза предполагался рост численности самостоятельных туристов. По Краснодарскому краю в целом в 2020 г. показатель должен был составить 5417 тыс. чел., а по Ейскому району – 440 тыс. чел. Но такой показатель был достигнут уже в 2015 г. Тем не менее предположение оказалось почти верным, доля неорганизованных туристов составила 5911 тыс. чел., в связи с возникшей эпидемиологической ситуацией в мире – закрытием границ и прекращением деятельности ряда турфирм, а также запретом на передвижение между регионами страны, тем самым люди не отказались от путешествий полностью и однозначно они их совершали, но уже организовав свой тур самостоятельно. Не считая данного факта, в 2020 г. число таких туристов могло быть

значительно выше заявленного. Количество самостоятельных туристов в 2021 г. превысило на 1,5 млн чел. по сравнению с 2020 г. и на 574 тыс. чел. 2019 г., ввиду возникновения коронавирусной инфекции люди стали предпочитать самостоятельные путешествия, избегая большого скопления туристов, тем самым заботясь о своем здоровье.

Делая выводы по вышесказанному, наиболее востребованными направлениями в Краснодарском крае для неорганизованных туристов являются города Сочи, Геленджик, Анапа, Новороссийск и Горячий Ключ, а также Туапсинский, Ейский и Апшеронский районы. В 2021 г. на территории Краснодарского края отдохнули 16,2 млн чел., из них 7,4 млн чел. организовали свой отдых самостоятельно, а однодневными посетителями стали 3,5 млн чел., то есть примерно 70% отдыхающих в общей сложности являлись неорганизованными туристами. Доходы от индивидуальных средств размещения в 2021 г. составили 50,5 млн руб., таким образом доходы в целом превысили на тот момент 22 млрд руб., а объем услуг курортно-туристского комплекса в крае составил в общем 126,2 млрд руб., из них 18% – это доходы от ИСР.

Основную тенденцию, относящуюся к неорганизованному туризму, дают возможность определить потребительские затраты, анализируемые в динамике. Согласно результатам анализа потребительских расходов, в структуре расходов домохозяйств в особенности возросли траты жи-

телей на транспортное средство. Высокие темпы увеличения числа личного легкового автотранспорта являются основой и в то же время мощным стимулом развития автомобильного туризма, как одного из видов неорганизованного туризма. Соответственно, автомобильный туризм – лидирующий вид неорганизованного туризма.

2020 г. преподнес туристической отрасли большой удар в связи с распространением коронавирусной инфекции, продажи туров сократились в разы, 20%, а в последующем 70% туристов вообще отменили запланированные поездки из-за усиления карантинных мер как по стране, так и в Краснодарском крае. Введенные дополнительные ограничения для гостиниц и аналогичных средств размещения, позволяющие оказывать услуги размещения туристам лишь с предоставления отрицательного ПЦР-теста или QR-кода о вакцинации, во многом усугубили положение организованного туризма, следствием чего стало сокращение доходов гостиничного бизнеса в 40–55 млрд руб. Однако самостоятельный туризм продолжил свое развитие в привычном для себя режиме, индивидуальные средства размещения в Краснодарском крае остались в выигрыше. Следует выделить основные направления развития неорганизованного туризма в Краснодарском крае за два года:

- увеличение количества самостоятельных туристов, предпочитающих отдых в своем регионе;
- доминирование неорганизованного автотуризма и экологического туризма в настоящее время.
- у туристов популярностью пользуются глэмпинги, кемпинги, отдельные коттеджи и квартиры;
- 41,18% автотуристов стали экономить на развлечениях;
- 9,41% неорганизованных туристов экономят на питании, вместо питания в придорожных кафе они предпочитают брать с собой в поездку мультиварку, покупая продукты для приготовления по дороге;
- у неорганизованных туристов вырос интерес к отдыху на природе до 9% из-за ограничений, связанных с пандемией коронавируса;
- за последние два года Краснодарский край стал очень популярен для туристов активного вида отдыха;
- неорганизованные туристы отдают предпочтение покупке возвратных билетов и бронированию отеля с возможностью отмены.

Большинство туристов, в особенности путешественники из центральной части страны, ставят в приоритет поездки в Краснодарский край на автомобиле. Но если сравнивать в ценовом сегменте поездку на различных видах транспорта, то экономичнее будет добраться из Москвы в Сочи на самолете, стоимостью 4985 руб., поездка на поезде обойдется в 5949 руб. за место в купе и путешествие на автомобиле обойдется в 7785 руб. за бензин. Препградой для самостоятельных туристов на сегодняшний момент стало и закрытие аэропортов в некоторых регионах страны, так как туристы, путешествующие не на автомобиле из-за траты времени, в большинстве случаев выбирали самолет для коротких поездок (3–6 дней).

С экономической точки зрения в рамках «домохозяйства» идет процесс создания «натурального продукта» для удовлетворения потребностей людей во время путешествия. Рыночные туристские посредники теряют (полностью или частично) свои доходы из-за натурального характера производства. При этом в процессе осуществления своей деятельности домохозяйства производят существенные затраты, формирующие доходы субъектов туристической отрасли и ее обслуживающей инфраструктуры. Частное производство и потребление домохозяйств являются компонентом общественного воспроизводства и должны восприниматься государственными и частными структурами как общественное благо [6]. Можно сделать вывод, что большая часть путешественников выбирает самостоятельную организацию туризма по нескольким факторам:

1. Самостоятельное путешествие является более экономичным вариантом для потребителя, поскольку потребители могут избежать переплат за услуги агентства.
2. Правильно сформировать желаемый тур с минимальными затратами самостоятельно помогают отзывы, видео о конкретном месте, советы других путешественников и знакомых.
3. В настоящее время в интернете имеется большой выбор средств размещения, объектов питания или экскурсий и т.д., чем может предложить любое туристическое агентство. Самостоятельный туризм может оказать негативное влияние на прибыль туристических агентств, но также является практичным вариантом для неорганизованных путешественников [6].

Интерес потребителей к неорганизованному туризму в Краснодарском крае до-

вольно высокий, и с годами он будет только расти, тем самым замещая организованный туризм. Так как в нынешних реалиях организация путешествия не составляет особого труда, всю необходимую информацию можно найти на платформе Интернет, различных туристических сайтах, тематических группах. Создав однажды авторский тур, турист становится заинтересован в дальнейшем исследовании неизведанных уголков своего региона самостоятельно, но многое опирается в неразвитую инфраструктуру в регионе.

Самостоятельный туризм, как показывают исследования, является одним из наиболее востребованных видов туризма в Краснодарском крае – почти 70% отдыхающих могут быть отнесены к категории неорганизованных туристов. В 2021 г. из 16,5 млн чел., посетивших территорию Краснодарского края с туристскими целями, на долю организованных туристов пришлось почти 5,6 млн чел., остальные посещали территорию региона без ночевки, как однодневные посетители и самостоятельно (3,5 млн чел. и 7,4 млн чел. соответственно).

Такие показатели свидетельствуют о больших перспективах дальнейшего развития неорганизованного туризма в Краснодарском крае. Также самостоятельные туристы чаще путешествуют на автомобиле, в последнее время данный вид транспорта стал очень востребован среди туристов, тем более что развитые автодороги края это позволяют. Созданные автотуристские кластеры «Лермонтово» (Туапсинский район), «Можжевельная роща» (город-курорт Геленджик), «Горячий Ключ» (г. Горячий Ключ), совершенствующие объекты туристско-рекреационной инфраструктуры, также способствуют развитию самостоятельного туризма.

С 2021 г. туристы стали все больше выбирать недорогие средства размещения. Лишь 22% номерного фонда небольших отелей и гостевых домов края было забронировано.

Исходя из подсчетов сервиса «Едем-в-Гости.ру» в частном секторе и гостевых домах г. Адлера и г. Сочи бронирование совершили 45% туристов, в мини-отелях и гостевых домах федеральной территории Сириус – 25%, в частном секторе п. Лоо, п. Мацесты, Хобзы – 15%, в пансионатах и санаториях г. Сочи – 10%, в санаториях г. Анапа – 20%. Основным трендом 2021 г. можно отметить возросшую популярность самостоятельных путешествий на поезде

и поездки на личном автомобиле. Регион имеет развитую транспортную инфраструктуру, включающую железнодорожные пути, автодороги, аэропорты, морские и речные порты, магистральные трубопроводы. Регион также является значимым культурным центром РФ [7]. Как показал сервис Туту.ру, 64% путешественников самостоятельно определяют маршрут путешествия, бронирование и проживание. По данным сервиса «Едем-в-Гости.ру», спрос на активный отдых на природе (кемпинг, глэмпинг и т.д.) с 2021 г. вырос на 20%, а количество запросов на автокемпинг и глэмпинг увеличилось на 15% [8].

Политическая и экономическая ситуация, которая сложилась в мире в 2020 г. в связи с распространением коронавирусной инфекции, а также, в текущем году, со специальной военной операцией по защите ДНР и ЛНР, во многом является позитивной для развития внутреннего туризма в Краснодарском крае, отмечается значительный рост популярности неорганизованного туризма. Это приводит к тому, что россияне, которые раньше выбирали лишь путешествия за рубеж, были вынуждены выбирать курорты Черноморского побережья. На сегодняшний день туристов также просят воздержаться от путешествий за границу. Касательно 2021 г. число самостоятельных туристов в это время в крае было подсчитано – 7,4 млн чел.

Можно предположить, что в текущем году данный показатель возрастет, что дает право утверждать о перспективном развитии данного направления туризма и в последующих годах.

Согласно данным официального сайта Федеральной службы государственной статистики в 2022 г. турпоток в Краснодарский край составил за год 22914287 туристов [9]. В свою очередь Министерство туризма, курортов и олимпийского наследия Краснодарского края в 2022 г. приводит турпоток в Краснодарский край за год 17400000 туристов [10]. Разница в подсчетах приведенных официальными органами составляет 5514287 туристов. Поскольку министерство приводит данные по организованным туристам, предположим, что разницу составляют неорганизованные туристы.

В последнее время тенденции неорганизованного туризма говорят сами за себя. Более 24,06% туристов в Краснодарском крае являются неорганизованными, они приезжают на отдых без турпутевок, останавливаются в индивидуальных средствах

размещения. Анализируя средства размещения в крае, было выявлено, что большую долю представляет частный сектор – почти 14 тыс., из них лишь 5 тыс. доводят сведения о своей деятельности в налоговую инспекцию и сумма поступлений от них составила 62 млн руб. А от всей отрасли туризма край получает 6,7 млрд руб. налоговых поступлений. Сложившаяся ситуация связана с тем, что ИСР все еще не всегда предоставляют достоверную информацию о своих доходах и о количестве размещенных лиц. Для урегулирования данной проблемы, возможно, следует ввести патенты для квартиросдатчиков. Если взять 10 тыс. квартиросдатчиков и 4 тыс. коллективных средств размещения, за 4 мес. они заплатят налоги в размере 150 млн руб.

Отметим, что в перспективе у самостоятельного туризма следующее:

- самостоятельные туристы будут больше пользоваться ж/д поездами и автобусами;
- сохранится высокий спрос на неорганизованный автотуризм, который получил свое массовое развитие в 2020 г.;
- в приоритете будут межрегиональные и ближайшие регионы в связи с низкой стоимостью на услуги;
- возможно предположить, что самостоятельные туристы будут стараться экономить на проживании, в особенности автотуристы (на 29,41 %);
- развитие самостоятельных путешествий в автодомах.

Заключение

Неорганизованный туризм представляет собой специфический вид туристической активной общественной деятельности, который осуществляется на добровольной основе без какого-либо участия туроператоров и турагентов в основной части формирования путешествия. Он зародился до XIX в., а популярность приобрел в конце XX – начале XXI в. Как форма организации путешествий самостоятельный туризм может проявляться и как самостоятельно организованный пляжно-купальный отдых на побережье Черного моря, и как экскурсионный маршрут по Байкалу или туристский поход по Камчатке. Неорганизованный туризм по форме организации разделяется на самодеятельный (клубно-секционный туризм) и независимый (любительский «дикий»). Сегодня самостоятельный вид туризма принимает большую популярность среди жителей России. В целом на внутренний турпоток страны приходится 80% само-

стоятельных туристов. Чаще предпочитают организовывать свой отдых самостоятельно люди в возрасте 18–44 лет. Среди популярных российских направлений для самостоятельного туризма следует выделить: «Золотое кольцо», «Золотое кольцо Боспорского царства», «Императорский маршрут», «Усадебное кольцо» и «Турмаршруты по Крыму».

Развитие цифровой среды, являющееся неотъемлемой частью жизни в современном мире, растущее количество мобильных и интернет-сервисов – все это поддерживает сложившуюся тенденцию увеличения количества неорганизованных туристов и повышения популярности самостоятельных путешествий. С развитием интернет-пространства людям стало проще совершать самостоятельные путешествия, помогая создавать отдых интереснее и многообразнее. Интернет избавил туристов от большинства трудностей, связанных с организацией поездки.

Доля самостоятельных путешественников в Краснодарском крае с каждым годом будет лишь расти, так как на сегодняшний день стала преобладать тенденция путешествия в своем регионе. Тем самым будут увеличиваться доходы индивидуальных средств размещения. А также тенденции неорганизованных туристов указывают на преобладание путешествий на личном автомобиле, при этом с минимальными затратами.

Основным преимуществом самостоятельного путешествия является полная свобода как выбора, так и самой организации отдыха, а также минимизация затрат. Можно отправиться куда угодно, в любой день недели, не подстраиваясь под какие-либо рамки. Неорганизованный туризм дает большие возможности познания выбранной территории во время создания маршрута своего путешествия.

Обобщая вышеизложенное, с точностью можно утверждать, что неорганизованный туризм будет непрерывно и стремительными темпами преобразовываться в силу своего развития, как один из видов индустрии досуга, нацеленный на удовлетворение потребностей и интересов человека. Выход самостоятельного туризма на новый уровень развития может оказать глубокое влияние на структуру туристического рынка, включая его субъектов туроператоров и турагентов, так и на целевую аудиторию.

Список литературы

1. Время турагентов: доля самостоятельных туристов в 2022 году резко сократилась / Официальный сайт

АТОР [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atorus.ru/node/49286> (дата обращения: 18.02.2024).

2. АТОР озвучила ТОП зарубежных и внутренних туристических направлений зимы 2022–2023 годов / АТОР [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atorus.ru/node/51750> (дата обращения: 02.02.2024).

3. Салеева Т.В., Самойленко А.А. Совершенствование статистического учета в туризме как необходимое условие для объективного планирования социально-экономического развития региона (на примере Краснодарского края) // Курорты. Сервис. Туризм. 2018. № 2 (39). С. 30–36.

4. Итоги социально-экономического развития санаторно-курортного и туристского комплекса Краснодарского края за 2020 год / Официальный сайт Министерства курортов, туризма и олимпийского наследия Краснодарского края [Электронный ресурс]. URL: <https://kurort.krasnodar.ru> (дата обращения: 22.02.2024).

5. Волкова Т.А. Курорт Должанская: возможности устойчивого прибрежного туризма на побережье Азовского моря // Вестник Национальной академии туризма. 2018. № 1 (45). С. 57–63.

6. Козырина В.Р., Чернявская М.В. IT решения для самостоятельной организации туристами своего отдыха // Инновационные технологии управления и стратегии территориального развития туризма и сферы гостеприимства: материалы IV Международной научно-практической конференции. М., 2021. С. 344–349.

7. Краснодарский край в цифрах. 2021: Стат. сб. / Краснодарстат. Краснодар, 2022. 304 с.

8. На Черноморском побережье Краснодарского края этим летом хотят отдохнуть 10% россиян // ИД «Коммерсантъ» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4702974> (дата обращения: 20.02.2024).

9. Оценка туристского потока (с 2022 г.) / Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/turizm> (дата обращения: 22.02.2024).

10. Туристский поток / Официальный сайт Министерства курортов, туризма и олимпийского наследия Краснодарского края [Электронный ресурс]. URL: <https://kurort.krasnodar.ru> (дата обращения: 11.02.2023).

УДК 502/504:556.18(470.345)
DOI 10.17513/use.38278

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД В ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ИНСАР

Масляев В.Н., Маскайкин В.Н., Амирова Д.А., Чичкина Н.А.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: Maslyaevvn1960@mail.ru

Статья посвящена вопросам взаимодействия поверхностных и грунтовых вод в пойменных ландшафтах. Актуальность темы исследования определяется тем, что поверхностные и грунтовые воды являются важнейшими компонентами любого пойменного ландшафта. Они во многом определяют его морфологическую структуру и процессы функционирования. Цель исследования – анализ взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод, создание математической модели, описывающей их взаимодействие для обоснованного решения локальных геоэкологических проблем. Использованы общенаучные, картографические и специальные полевые гидрологические и гидрогеологические методы исследования. Выявлены основные режимообразующие факторы и годовая динамика грунтовых и поверхностных вод. Режим выпадения атмосферных осадков главным образом определяет динамику как грунтовых, так и речных вод. Авторами на основе данных экологического мониторинга произведена оценка взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод. Для количественной оценки взаимосвязи грунтовых вод и поверхностных вод р. Инсар был рассчитан коэффициент линейной корреляции Пирсона. В ходе исследования проведен анализ данных за маловодный год (2010 г.), средневодные годы (2019–2023 гг.) и многоводный год (2012 г.). Результаты исследования могут быть использованы для организации мониторинга грунтовых вод и планирования природоохранных мероприятий в пойменных ландшафтах.

Ключевые слова: грунтовые воды, река, пойменный ландшафт, геоэкологическое состояние, математическая модель

ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SURFACE AND GROUNDWATER IN FLOODPLAIN LANDSCAPES OF THE MIDDLE REACHES OF THE INSAR RIVER

Maslyaev V.N., Maskaykin V.N., Amirova D.A., Chichkina N.A.

Ogarev National Research Mordovia State University, Saransk, e-mail: Maslyaevvn1960@mail.ru

The article is devoted to the interaction of surface and groundwater in floodplain landscapes. The relevance of the research topic is determined by the fact that surface and groundwater are the most important components of any floodplain landscape. They largely determine its morphological structure and functioning processes. The purpose of the study is to analyze the relationship between surface and groundwater, to create a mathematical model describing their interaction for the reasonable solution of local geoecological problems. General scientific, cartographic and special field hydrological and hydrogeological research methods were used. The study revealed the main regime-forming factors and the annual dynamics of groundwater and surface waters. The precipitation regime mainly determines the dynamics of both groundwater and river waters. The authors assessed the relationship between surface and groundwater based on environmental monitoring data. To quantify the relationship of groundwater to surface waters of the river The Pearson linear correlation coefficient was calculated by Insar. The study analyzed data for a low-water year (2010), medium-water years (2019–2023) and a high-water year (2012). The results of the study can be used to organize groundwater monitoring and planning environmental protection measures in floodplain landscapes.

Keywords: groundwater, river, floodplain landscape, geoecological condition, mathematical model

Изучение взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод (ГВ) позволяет решить ряд важных эколого-хозяйственных задач. Наиболее часто такие задачи решают при гидромелиоративном и градостроительном освоении пойменных ландшафтов, а также при разработке природоохранных мероприятий [1]. Особый интерес представляет разработка математической модели взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод [2–4].

Объект исследования – пойменный ландшафт среднего течения р. Инсар (длина реки 168 км, площадь бассейна 3860 км²),

притока р. Волга третьего порядка. Выбор объекта исследования обусловлен его типичными природно-ландшафтными и геоэкологическими условиями, а также практической потребностью. В настоящее время район активно осваивается и нуждается в эффективных решениях по устойчивому водопользованию.

Цель исследования – анализ взаимосвязи поверхностных вод и ГВ, создание математической модели, описывающей их взаимодействие, для обоснованного решения локальных геоэкологических проблем.

Материалы и методы исследования

Одним из основных геоэкологических процессов в пойменном ландшафте является водообмен поверхностных и подземных вод [5]. Он включает такие аспекты, как движение потоков грунтовых вод в зоне аэрации, разгрузка грунтовых вод в русло реки, процессы подтопления во время весеннего половодья и летне-осенних паводках на реке.

Взаимодействие поверхностных и ГВ в ландшафте происходит в виде гидравлической связи. Можно выделить четыре варианта такой связи: постоянная односторонняя, постоянная двусторонняя, временная и отсутствие связи [6]. Постоянная односторонняя гидравлическая связь возникает в том случае, когда река в течение года питает грунтовые воды. Постоянная двусторонняя гидравлическая связь возникает в том случае, когда река питает ГВ в половодье и дренирует их в межень.

Исходными данными для исследования послужили материалы многолетнего экологического мониторинга ГВ на полигоне в пойме р. Инсар, климатические данные метеопоста Мордовского университета. В непосредственной близости от реки расположены семь гидрогеологических наблюдательных скважин. Здесь же на реке расположен гидрологический пост № 75648 Мордовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Верхне-Волжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (координаты 54.20000, 45.210000, отметка нуля поста – 118,06 м над уровнем Балтийского моря). Измерения глубины залегания ГВ производились гидрогеологической рулеткой ежедекадно, в период половодья – попентадно. В ходе исследования проведен анализ данных за маловодный год (2010 г.), средневодные годы (2019–2023 гг.) и многоводный год (2012 г.)

Гидрогеологические скважины были пробурены ООО «Бурводстрой» (Саранск) в 2009 г. Бурение производилось роторным способом станком 1БА-15В. Диаметр бурения скважины 295 мм, глубина бурения 12 м. Диаметр обсадных труб 159 мм. Конструкция скважин включает три фильтровые секции длиной 1 м, через 1,5 м и отстойник длиной 0,5 м. Фильтр сетчатый. Дно фильтра – глухая пробка. Затрубное пространство отсыпано щебнем. Зацементирован оголовок каждой скважины размером 1х1х0,5 м. Устье каждой скважины закрыто цилиндрическим колпаком на боковых болтовых запорах.

Минерализация воды 0,4–1,5 г/дм³. В химическом составе ГВ во всех скважинах преобладают типоморфные для лесостепного ландшафта катионы и анионы. Наблюдательная фильтровая скважина № 1 имеет абсолютную отметку 123,80 м. Высота патрубка 0,38 м. Расстояние до р. Инсар 35 м. Описание пройденных пород: суглинок aQ_{IV} мощностью 4,0 м, песчаник крепкий K_1 мощностью 1,5 м, глина черная, плотная K_1 мощностью 5,5 м, песчаник K_1 мощностью 0,5 м, глина черная, плотная K_1 мощностью 0,5 м.

Наблюдательная фильтровая скважина № 2 имеет абсолютную отметку 123,83 м. Высота патрубка 0,30 м. Расстояние до р. Инсар 25 м. Описание пройденных пород: суглинок aQ_{IV} мощностью 4,2 м, песчаник крепкий K_1 мощностью 1,5 м, глина черная, плотная K_1 мощностью 5,3 м, песчаник K_1 мощностью 0,5 м, глина черная, плотная K_1 мощностью 0,5 м.

Наблюдательная фильтровая скважина № 3 имеет абсолютную отметку 125,00 м. Высота патрубка 0,39 м. Расстояние до р. Инсар 45 м. Описание пройденных пород: суглинок aQ_{IV} мощностью 4,0 м, песчаник крепкий K_1 мощностью 1,5 м, глина черная, плотная K_1 мощностью 5,5 м, песчаник K_1 мощностью 0,5 м, глина черная, плотная K_1 мощностью 0,5 м.

Наблюдательная фильтровая скважина № 4 имеет абсолютную отметку 125,30 м. Высота патрубка 0,36 м. Расстояние до р. Инсар 50 м. Описание пройденных пород: суглинок aQ_{IV} мощностью 2,0 м, песок крупнозернистый глинистый edQ_{II-IV} мощностью 6,0 м, глина черная, плотная с прослойками песчаника K_1 мощностью 3,0 м, глина черная, плотная K_1 мощностью 1,0 м.

Наблюдательная фильтровая скважина № 5 имеет абсолютную отметку 124,90 м. Высота патрубка 0,34 м. Расстояние до р. Инсар 48 м. Описание пройденных пород: суглинок aQ_{IV} мощностью 2,0 м, песок крупнозернистый глинистый edQ_{II-IV} мощностью 6,0 м, глина черная, плотная с прослойками песчаника K_1 мощностью 3,1 м, глина черная, плотная K_1 мощностью 1,0 м.

Наблюдательная фильтровая скважина № 6 имеет абсолютную отметку 126,10 м. Высота патрубка 0,18 м. Расстояние до р. Инсар 312 м. Описание пройденных пород: черный насыпной грунт tQ_{IV} мощностью 0,3 м, песок мелкозернистый водонасыщенный edQ_{II-IV} мощностью 3,7 м, песок крупнозернистый, водонасыщенный K_1 мощностью 2,5 м, песчаник трещиноватый K_1

мощностью 1,5, глина черная, плотная K_1 мощностью 1,0 м.

Наблюдательная фильтровая скважина № 7 имеет абсолютную отметку 125,03 м. Высота патрубка 0,80 м. Расстояние до р. Инсар 311 м. Описание пройденных пород: черный насыпной грунт tQ_{IV} мощностью 3,0 м, песок мелкозернистый водонасыщенный edQ_{II-IV} мощностью 4,0 м, песок крупнозернистый, водонасыщенный K_1 мощностью 2,5 м, песчаник трещиноватый K_1 мощностью 1,5, глина черная, плотная K_1 мощностью 1,0 м.

Результаты исследования и их обсуждение

В районе исследования пойма р. Инсар представляет ровную поверхность, осложненную небольшими микропонижениями и старицами. Вдоль русла реки прослеживается русловой вал. Долина реки трапециевидная, достигает ширины 2,5–3,0 км.

Пойма реки двусторонняя в районе полигона, занимает средний уровень. Пойма покрыта луговой растительностью, частично распаханна. Вдоль реки произрастает древесно-кустарниковая растительность. Русло реки слабоизвилистое, врезается на 3,0–5,0 м в земную поверхность. Берега подвержены процессам береговой эрозии. Дно реки – песчано-глинистое, слой ила достигает 1,0–1,5 м. Ширина русла в межень – 10,0–15,0 м. Глубина реки 0,5–1,0 м, иногда достигает 1,5 м. В летне-осенний период русло реки зарастает водной растительностью. Средняя скорость течения воды 0,34–0,44 м/с, средний расход воды 7,71 м³/с [7]. Средний уровень воды в р. Инсар за последние четыре года колебался от 119,83 м (абсолютный минимум) до 126,29 м (абсолютный максимум). Амплитуда колебаний при этом составила 6,46 м.

В пределах исследованной территории залегают породы нижнемелового возраста, перекрытые небольшим чехлом четвертичных отложений, который имеет мощность от 5,8 до 18,6 м. Четвертичные отложения слагают аллювиальные терригенные отложения.

В пределах полигона вскрыт один водоносный горизонт, приуроченный к четвертичным отложениям – современный аллювиальный водоносный горизонт [8]. Средние отметки зеркала ГВ в районе исследования за 2019 г. – 119,46–120,77 м, за 2020 г. – 119,93–121,03 м, за 2021 г. – 120,02–121,87, за 2022 г. – 120,39–122,11 м, за 2023 г. – 120,35–122,46 м. ГВ без напора. Существует их связь с речными водами.

2010 г. характеризовался как маловодный. Среднегодовая температура атмосферного воздуха составила 6,7°C. За год выпало 435,2 мм атмосферных осадков, что значительно меньше среднемноголетней нормы. Летний период отличался высокими среднесуточными температурами (средняя температура июля составила 26,5°C, а августа 23,6°C). При этом в июне-июле выпало лишь 8,6 мм осадков. Самые высокие уровни ГВ отмечены в апреле. Наиболее низкий уровень грунтовых вод (119,04 м) отмечен 15.08.2010 г. в скв. 1 Амплитуда колебания уровня ГВ достигла 5,90 м (скв. 1). Минимум амплитуды колебаний уровня ГВ отмечен в скв. 7 (3,58 м). Запасы ГВ в пойменном ландшафте сократились, средний уровень ГВ в конце года по сравнению с началом года понизился на 15 см.

2012 г. характеризуется как многоводный год. Среднегодовая температура атмосферного воздуха составила 6,1°C. За год выпало 697,2 мм атмосферных осадков, что значительно больше среднемноголетней нормы. Самые высокие уровни ГВ в 2012 г. были отмечены в апреле. Амплитуда колебания уровня ГВ достигла 4,70 м (скв. 2). Минимум амплитуды колебаний уровня ГВ отмечен в скв. 6 (3,73 м). Уровень ГВ в конце года по сравнению с началом года увеличился на 20 см.

Для характеристики средневодного года приводим данные наблюдений 2023 г. Среднегодовая температура атмосферного воздуха составила 7,1°C. За год выпало 561,9 мм атмосферных осадков, что несколько больше среднемноголетней нормы. Самые высокие уровни ГВ в 2023 г. были отмечены в марте. Наиболее высокие за период наблюдения среднегодовые абсолютные отметки уровня ГВ отмечены в скв. 6 (среднегодовое значение – 122,46 м). Самый низкий среднегодовой абсолютный уровень залегания ГВ зафиксирован в скв. 2 (120,35 м). В целом 2023 г., в особенности последние 4 месяца (в сумме выпало 241,4 мм или 43,0% от годового количества атмосферных осадков), был благоприятным для увеличения баланса ГВ. Уровень ГВ в конце года по сравнению с началом года увеличился на 30 см.

Атмосферные осадки – главный фактор, способствующий увеличению запасов ГВ в пойменном ландшафте. График годовой изменчивости уровня ГВ в 2023 г. приводится на рис. 1. Динамика колебаний уровня ГВ и уровня воды в реке Инсар совпадают по времени.

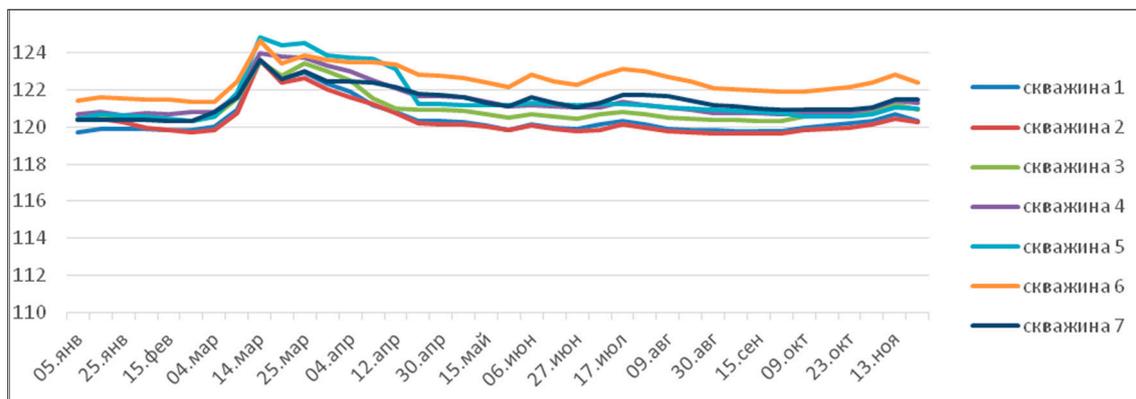


Рис. 1. Абсолютный уровень ГВ в наблюдательных гидрогеологических скважинах в 2023 г., м над уровнем Балтийского моря

Значения коэффициента корреляции Пирсона между уровнем грунтовых и поверхностных вод

Скв.	Годы							Среднее значение
	2010	2012	2019	2020	2021	2022	2023	
1	0,91	0,96	–	–	–	–	0,94	0,94
2	0,90	0,97	0,85	0,85	0,85	0,96	0,92	0,90
3	0,87	0,96	0,87	0,87	0,87	0,93	0,90	0,90
4	0,85	0,94	0,87	0,87	0,87	0,83	0,88	0,87
5	0,84	0,93	0,75	0,75	0,75	0,67	0,84	0,79
6	0,74	0,81	0,82	0,82	0,82	0,74	0,75	0,79
7	0,76	0,75	0,53	0,53	0,53	0,70	0,79	0,66
Среднее значение по району	0,84	0,90	0,78	0,78	0,78	0,81	0,86	0,82

Для оценки взаимосвязи ГВ и поверхностных вод р. Инсар был рассчитан коэффициент линейной корреляции Пирсона (таблица). Значения коэффициента корреляции между уровнем ГВ и поверхностных вод р. Инсар изменялись от 0,53 (скв. 7 в 2019–2021 гг.) до 0,97 (скв. 2 в 2012 г.). В целом значения коэффициента корреляции положительные и в скважинах, расположенных в непосредственной близости от русла реки, имеют значения 0,75 и выше, что говорит о существовании тесной прямой связи между уровнем ГВ и поверхностных вод. Для скважин 6 и 7, расположенных на более значительном удалении, значение коэффициента корреляции снижается. Для скважины 7 с 2019 по 2021 г. значение коэффициента корреляции составило 0,53, что говорит об ослаблении взаимосвязи ГВ и поверхностных вод. Для скважины 6 значение коэффициента корреляции изменяется от 0,74 до 0,82.

Распределение коэффициента корреляции изменяется по годам. Выявлено, что наиболее высокие значения коэффициента корреляции отмечены в годы со значительным количеством выпавших атмосферных осадков. Так, 2012 г., характеризующийся как многоводный, имеет средний коэффициент корреляции по району исследования, равный 0,90. 2023 г., также богатый на атмосферные осадки, имеет средний коэффициент корреляции по району исследования, равный 0,86. В мало- и средневодные годы значение среднего коэффициента корреляции по району исследования варьирует от 0,78 до 0,84.

Наиболее высокие средние значения коэффициента корреляции за рассматриваемый период отмечены для скважины 1, ближе всего расположенные к гидрологическому посту на р. Инсар. С удалением от гидрологического поста значения коэффициентов корреляции сокращаются.

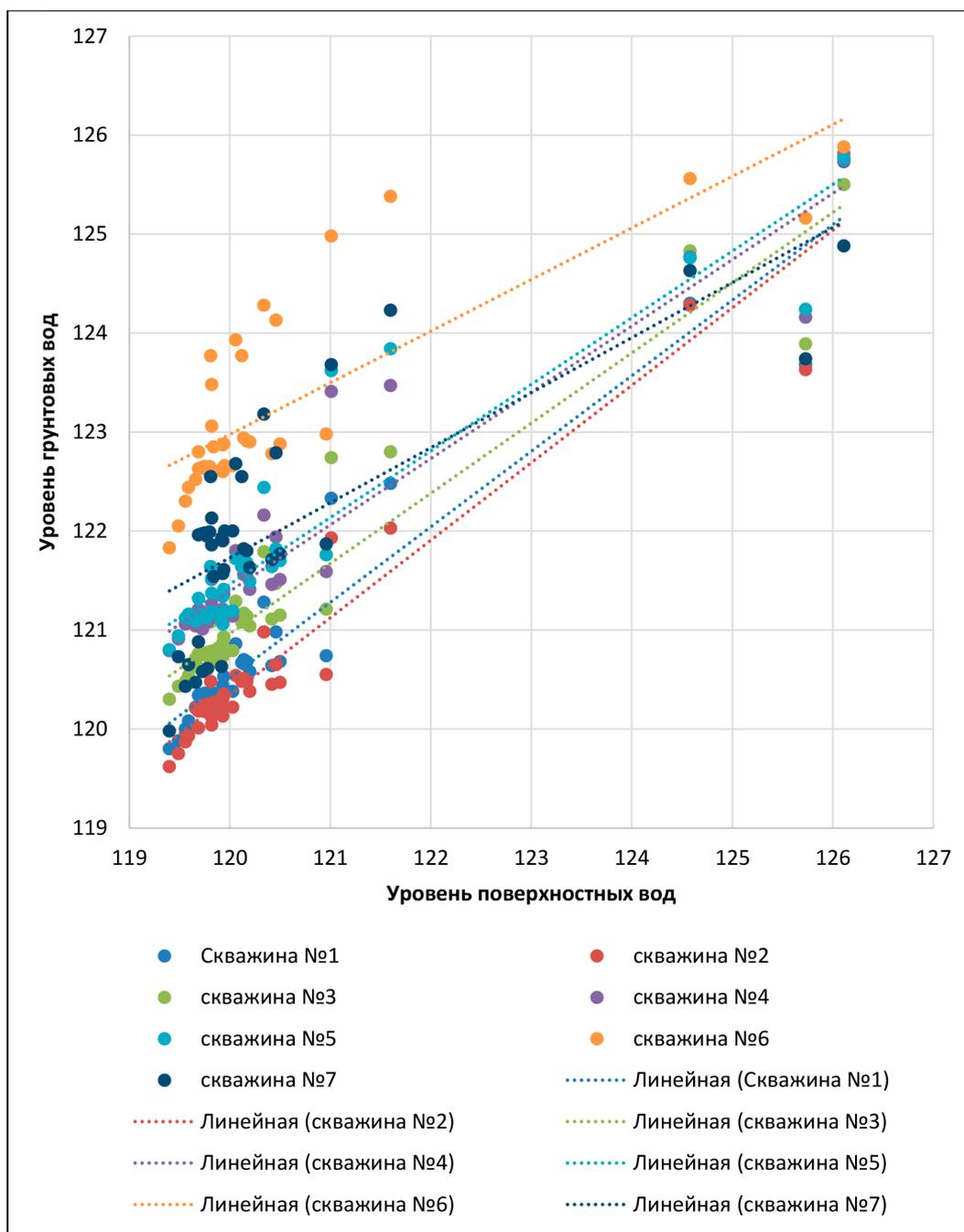


Рис. 2. График линии тренда между поверхностными и ГВ за 2012 г.

Так, для скважины 5, расположенной близко к р. Инсар, но на значительном удалении от гидрологического поста, средний коэффициент корреляции снижается до 0,79. Для скважин, расположенных на удалении от реки, теснота связи ослабевает, и средние значения коэффициента корреляции изменяются от 0,66 (скважина 7) до 0,79 (скважина 6). При этом первая из них скважина удалена на более значительное расстояние

от гидрологического поста. В этом случае связь между ГВ и поверхностными водами становится непостоянной.

Построенный график линии тренда показывает линейный характер зависимости поверхностных и ГВ (рис. 2). Тип графика «восходящий». Наиболее высокая зависимость отмечена для гидрогеологических скважин, расположенных вдоль русла р. Инсар. Самые низкие значения зависимости

у гидрогеологических скважин, удаленных от русла и реки и расположенных по границе поймы и речной террасы (по линии тылового шва).

Заклучение

Для оценки взаимосвязи поверхностных вод р. Инсар и ГВ современного аллювиального водоносного горизонта использовались результаты парного корреляционного анализа. Анализ коэффициентов корреляции Пирсона показал, что наиболее высокая теснота связи между поверхностными и ГВ характерна для многоводного года, со значительным выпадением атмосферных осадков. Значения коэффициента корреляции положительные для всех скважин. Для скважин, расположенных в непосредственной близости от русла реки (не более 50 м), коэффициенты корреляции имеют значения 0,79 и выше, что говорит о существовании тесной прямой связи между уровнем ГВ и поверхностных вод. Наиболее высокие значения коэффициента корреляции отмечены для гидрогеологической скважины 1, расположенной в непосредственной близости к руслу реки

и ближе других скважин расположенной к гидрологическому посту на р. Инсар.

Список литературы

1. Серебряков О.И., Серебряков А.О., Ушивцева Л.Ф. Гидрогеология: учебник. М.: ИНФРА-М, 2019. 233 с.
2. Шевченко А.В., Власов М.В. Математическая модель взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод // Экология и водное хозяйство. 2019. № 2 (02). С. 117–129.
3. Гриневский С.О. Гидрогеодинамическое моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод: монография. М.: ИНФРА-М, 2023. 153 с.
4. Кононченко Е.В., Петраш А.Б., Гриневский С.О. Методическая верификация данных мониторинга уровней грунтовых вод // Вестник Московского университета. Серия: Геология. 2023. № 3. С. 77–87.
5. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Мосейкин В.М., Пуневский С.А. Гидрогеология и инженерная геология. М.: ИД НИТУ «МИСиС», 2019. 424 с.
6. Коленченко К.Э. Гидрогеология и основы геологии: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2019. 107 с.
7. Масляев В.Н., Масляев М.В., Седов П.С. Оценка природной опасности накопления загрязняющих веществ в ландшафтно-геохимических системах Мордовии // Природные опасности: связь науки и практики. Саранск, 2015. С. 266–271.
8. Масляев В.Н., Маскайкин В.Н., Ласкорунский Д.С., Виляйкина К.Н. Особенности динамики уровня грунтовых вод в пойменных ландшафтах среднего течения р. Инсар // Научное обозрение. 2020. № 2. URL: <https://srjournal.ru/wp-content/uploads/2020/04/ID228.pdf> (дата обращения: 15.04.2024).

УДК 911.53(470.344)
DOI 10.17513/use.38279

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОКРУГОВ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Мулендеева А.В., Никонорова И.В., Ильин В.Н.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары,
e-mail: alena-mulendeeva@yandex.ru, niko-inna@yandex.ru, suvar2009@yandex.ru

Статья посвящена анализу экологической устойчивости агроландшафтов муниципальных округов Чувашской Республики с учетом показателей общего состояния использования земель. Расчет производился по показателям освоенности территории, распаханности территории, распаханности сельскохозяйственных земель, коэффициентов экологической стабильности с учетом качественных и количественных характеристик абиотических и биотических компонентов ландшафта. Цель исследования заключается в определении экологической устойчивости агроландшафтов муниципальных округов Чувашской Республики. Решение поставленных задач базировалось на научных концепциях рационального природопользования и методиках экологической оценки агроландшафтов российских и зарубежных ученых. Результаты исследования позволили сделать вывод о низком состоянии экологической устойчивости агроландшафтов, что связано с высокой долей освоенности и распаханности сельскохозяйственных земель, крайне низкой долей лесопокрытой площади и уязвимостью территорий к негативным воздействиям и опасным природным процессам. Полученные результаты свидетельствуют о наличии проблем использования земель сельскохозяйственного назначения, о нарушении предела устойчивости экологических систем и низком уровне стабильности территории. Для рационального использования земель необходимо планомерно снизить антропогенную нагрузку, увеличить лесопокрытую площадь, контролировать и, при необходимости, корректировать структуру землепользования для повышения экологического равновесия и внутреннего баланса ландшафтов.

Ключевые слова: агроландшафт, коэффициент экологической стабильности, экологическая устойчивость

ANALYSIS OF ECOLOGICAL SUSTAINABILITY OF MUNICIPAL DISTRICTS' AGROLANDSCAPES IN THE CHUVASH REPUBLIC

Mulendeeva A.V., Nikonorova I.V., Ilin V.N.

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary,
e-mail: alena-mulendeeva@yandex.ru, niko-inna@yandex.ru, suvar2009@yandex.ru

The article is devoted to environmental sustainability analysis of municipal districts' agrolandscapes in the Chuvash Republic taking into account the general state indicators of land use. The calculation based on the indicators of territory development, plowed territory, plowed agricultural land, environmental stability coefficients considering the qualitative and quantitative characteristics of the landscape's abiotic and biotic components has been performed. The purpose of the study is to determine the agricultural landscapes' environmental sustainability of municipal districts in the Chuvash Republic. The solution to the set tasks was based on scientific concepts regarding rational environmental management and environmental assessment methods of agricultural landscapes by Russian and foreign scientists. According to the obtained results agricultural landscapes' environmental sustainability has been found out to be of low state primarily due to the high share land development and agricultural land plowing, extremely low share forested area and the territories' vulnerability to negative impacts and hazardous natural processes. The results indicate the problems in the agricultural land use, ecological systems' sustainability violation limit and a territory's low level stability. It is necessary to systematically reduce the anthropogenic load, increase the forested area, control and, if necessary, adjust the land use structure to improve the ecological balance and landscapes' internal balance for rational land use.

Keywords: agricultural landscape, coefficient of ecological stability, environmental sustainability

Анализ экологической устойчивости агроландшафта позволяет установить способность поддерживать сформированную структуру и заданные производственные и социальные функции при воздействии внешних факторов [1, 2], возможность противостоять негативным процессам и выбирать эффективные и приемлемые ориентиры рационального использования сельскохозяйственных угодий Чувашской Республики (ЧР).

Цель исследования заключается в определении экологической устойчивости агроландшафтов муниципальных округов Чувашской Республики.

Материалы и методы исследования

Весомый вклад в разработку методических основ устойчивого развития агроландшафтов внесли как российские, так и зарубежные ученые, такие как В.В. Докучаев,

В.И. Вернадский, Н.Ф. Реймерс, А.Д. Фокин, В.И. Кирюшин и т.д.

В данной работе рассмотрим критерии общей оценки устойчивости агроландшафта.

Для расчета освоенности территории была использована формула [3]:

$$O = (S_{c.x} / S_{общ}) \times 100,$$

где O – освоенность территории, %; $S_{c.x}$ – площадь сельскохозяйственных земель, га; $S_{общ}$ – общая площадь землепользования, га.

Для определения распаханности территории использовалась формула

$$P_T = (S_n / S_{общ}) \times 100,$$

где P_T – распаханность территории, %; S_n – площадь пахотных земель, га; $S_{общ}$ – общая площадь землепользования, га.

Распаханность сельскохозяйственных земель определяется по формуле [3]:

$$P_{c.x} = (S_n / S_{c.x}) \times 100,$$

где $P_{c.x}$ – распаханность сельскохозяйственных земель, %; S_n – площадь пахотных земель, га; $S_{c.x}$ – площадь сельскохозяйственных земель, га.

Система оценки экологической устойчивости агроландшафтов включает качественные и количественные характеристики ландшафтов и проводится с помощью коэффициента экологической стабилизации (КЭСЛ) [4, с. 16]. КЭСЛ определяется двумя методами: 1) абиотическим (метод первый); 2) биотическим (второй метод).

Первый (абиотический) метод определяется по формуле [4, с. 17–18]:

$$КЭСЛ_1 = \sum P_{ст} / \sum P_{дест},$$

где $P_{ст}$ – площадь угодий и сельскохозяйственных культур, оказывающих положительное (стабилизирующее) влияние на ландшафт, га; $P_{дест}$ – площади угодий, дестабилизирующих агроландшафт, га.

Оценка ландшафта проводится по следующей шкале:

$КЭСЛ_1 \leq 0,5$ – нестабильность хорошо выражена;

0,5–1,0 – состояние нестабильное;

1,01–3 – состояние условно стабильное;

3,01–4,5 – стабильность хорошо выражена;

более 4,5 – ландшафт с ярко выраженной стабильностью.

Второй метод (биотический метод) – ($КЭСЛ_2$) учитывает показатели внутренних свойств: структуру биомассы, влажность, рельеф и геологическое строение, местоположение и биоценоз. Расчет проводится по следующей формуле [4, с. 19]:

$$КЭСЛ_2 = P_y \times K_{эц} \times K_p / P_T,$$

где P_y – площадь угодий, га; $K_{эц}$ – коэффициент, характеризующий экологическую ценность отдельных угодий; K_p – коэффициент, характеризующий экологическую устойчивость рельефа; P_T – общая площадь агроландшафта, га.

Если полученное значение $< 0,33$ – 1 ландшафт экологически нестабильный; 0,34–0,5 – мало стабильный; 0,51–0,66 – ландшафт стабильный.

Результаты исследования и их обсуждение

Общая площадь земельного фонда Чувашской Республики составляет 1834,5 тыс. га, из них земли сельскохозяйственного назначения занимают 1005 тыс. га, в том числе общая площадь пашни – 737425 га (79%), пастбищ – 149702 (16%), сенокосов – 31470 га (3,4%), многолетних насаждений – 10143 га (1%), залежи – 6160 га (0,6%) [5]. Остальные территории заняты под лесополосами, водоемами, застройками, дорогами, болотами, нарушенными землями, песками, оврагами и полигонами отходов.

Анализ состояния и устойчивости агроландшафтов проводился по следующим критериям: освоенность территории, распаханность территории, распаханность сельскохозяйственных земель, коэффициентов экологической стабильности. Источниками для расчета послужили базы данных формы 22–2 Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Чувашской Республике и Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Чувашской Республике [5]. Сводные показатели стабильности агроландшафтов Чувашской Республики даны в таблице.

Высокая степень освоенности территории региона (61%) является результатом длительного исторического расселения населения. Высокая освоенность территории привела к компактному расселению населения, что, в свою очередь, отражается и на средней плотности населения республики, которая составляет 63,96 чел/км² и является одной из наиболее высоких в России.

Высокий уровень освоенности территории (70–87%) отмечен в Аликовском, Козловском, Красноармейском, Моргаушском, Урмарском, Цивильском, Яльчикском муниципальных округах (м.о.). В 10 муниципальных округах освоенность территории составляет 68–50%.

Сводные показатели стабильности агроландшафтов Чувашской Республики

Наименование муниципальных округов	Освоенность территории, %	Распаханность территории, %	Распаханность сельскохозяйственных земель, %	Лесистость, %	КЭСЛ ₁	КЭСЛ ₂
Алатырский	33,76	22,71	67,29	0,01	0,40	0,47
Аликовский	82,54	61,48	74,49	0	0,27	0,43
Батыревский	57,22	48,03	83,93	0,01	0,14	0,39
Вурнарский	58,44	45,80	78,37	0	0,21	0,41
Ибресинский	25,96	20,69	79,68	0	0,20	0,41
Канашский	68,21	55,25	80,99	0	0,21	0,42
Козловский	73,51	53,07	72,19	0,01	0,28	0,43
Комсомольский	65,54	51,54	78,63	0	0,20	0,41
Красноармейский	80,48	61,66	76,62	0	0,23	0,42
Красночетайский	50,38	28,76	57,08	0,02	0,61	0,51
Марпосадский	55,49	39,26	70,74	0,02	0,30	0,44
Моргаушский	71,86	52,62	73,22	0,01	0,28	0,44
Порецкий	57,52	35,57	61,84	0,03	0,63	0,51
Урмарский	80,76	65,31	80,86	0	0,16	0,39
Цивильский	78,32	59,30	75,71	0,01	0,27	0,43
Чебоксарский	50,26	32,45	64,57	0,01	0,40	0,45
Шемуршинский	31,77	23,37	73,57	0,01	0,29	0,44
Шумерлинский	26,58	17,56	66,08	0,04	0,41	0,48
Ядринский	66,98	46,76	69,81	0,01	0,34	0,45
Яльчикский	87,90	76,25	86,75	0	0,12	0,39
Янтиковский	70,19	55,52	79,11	0	0,16	0,39
Итого	60,65	41,36	73,92	0,01	0,28	0,42

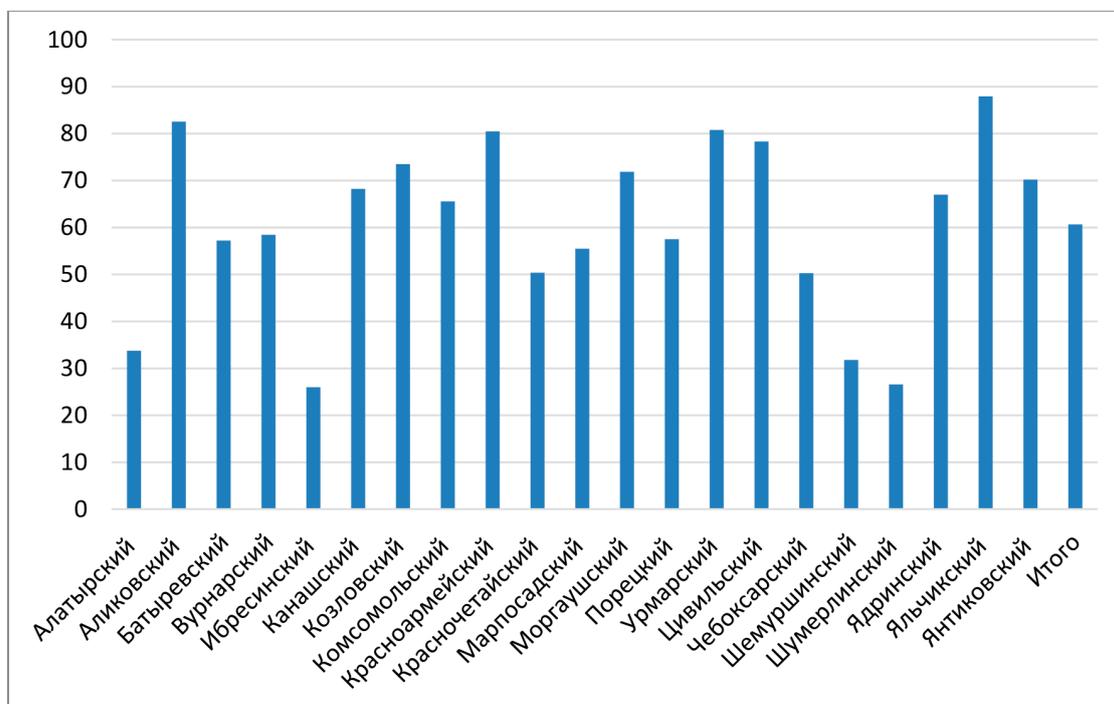


Рис. 1. Освоенность территории муниципальных округов Чувашской Республики, %

Снижение уровня освоенности территории с 33 до 25% зафиксировано в Алатырском, Ибресинском, Шемуршинском, Шумерлинском муниципальных округах (рис. 1) и связано с высокой долей лесопокрытых земель присурских ландшафтов. В данных округах земли лесного фона занимают от 35 до 67% территории.

Важнейшим критерием для оценки экологической сбалансированности агроландшафта является показатель распаханности сельскохозяйственных земель. Оптимальное значение распаханности сельскохозяйственных земель для лесостепной зоны составляет 45–65%. Для Чувашской Республики показатель распаханности территории оптимальный – 41% (рис. 2). Однако для региона характерна высокая доля распаханности сельскохозяйственных земель (74%), что указывает на критическое состояние агроландшафтов.

В разрезе муниципальных округов доля распаханых сельскохозяйственных земель составляет от 57 до 87% (рис. 2). Критический (несбалансированный) уровень с долей распаханности сельскохозяйственных земель 65% и более отмечается на 84% территории региона в 18 муниципальных округах. Сбалансированные (оптимальные) показатели зафиксированы лишь в трех муниципальных округах:

Красночетайском, Порецком, Чебоксарском. Необходимо отметить, что дальнейшее расширение площади пашни может привести к увеличению скорости почвенной эрозии и активации других негативных процессов.

В целом для Чувашской Республики коэффициент экологической стабильности равен 0,28 (рис. 3), следовательно, для агроландшафтов характерен хорошо выраженный нестабильный ландшафт.

В Красночетайском и Порецком муниципальных округах выявлено нестабильное экологическое состояние. В остальных 19 округах наблюдается хорошо выраженный нестабильный ландшафт. Однако следует отметить, что в Чувашской Республике не зафиксированы муниципальные образования, территории которых относятся к средне стабильным или экологически стабильным агроландшафтам.

Снижение негативной антропогенной нагрузки территорий в муниципальных образованиях Чувашской Республики также возможно при оптимальном распределении долей сельскохозяйственных угодий. Например, оптимальными соотношениями по природно-климатическим зонам Европейской части Российской Федерации между пашней, лугом и лесом для лесостепной зоны являются – 55:25:15 [6, с. 10].

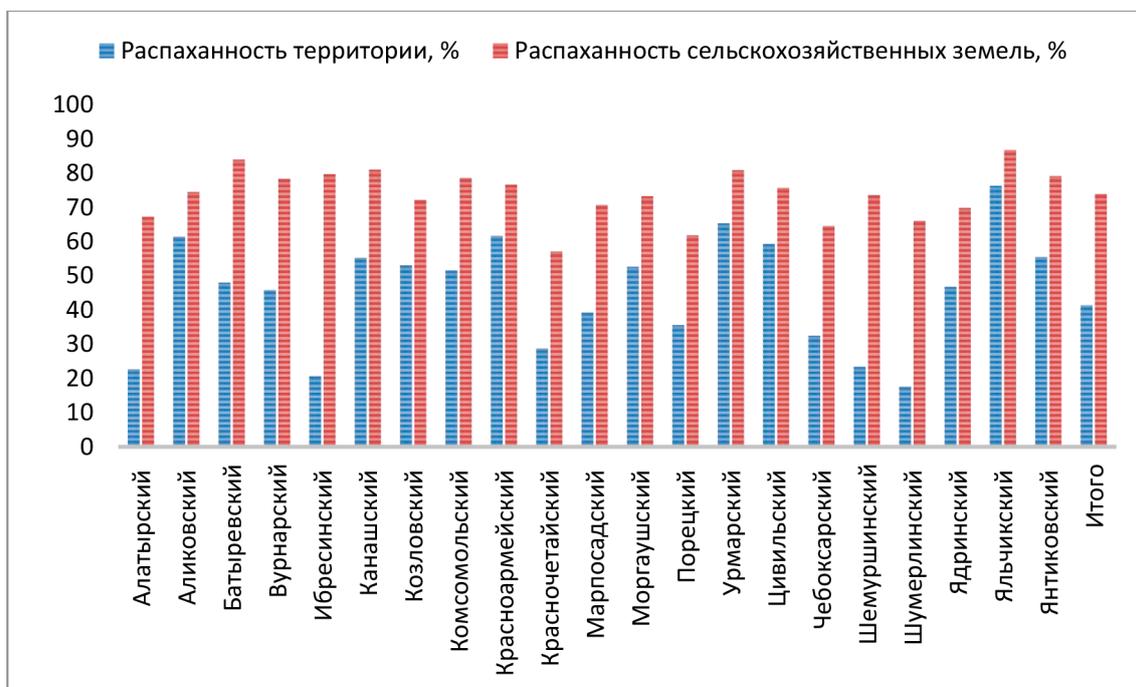


Рис. 2. Распаханность территории муниципальных округов Чувашской Республики

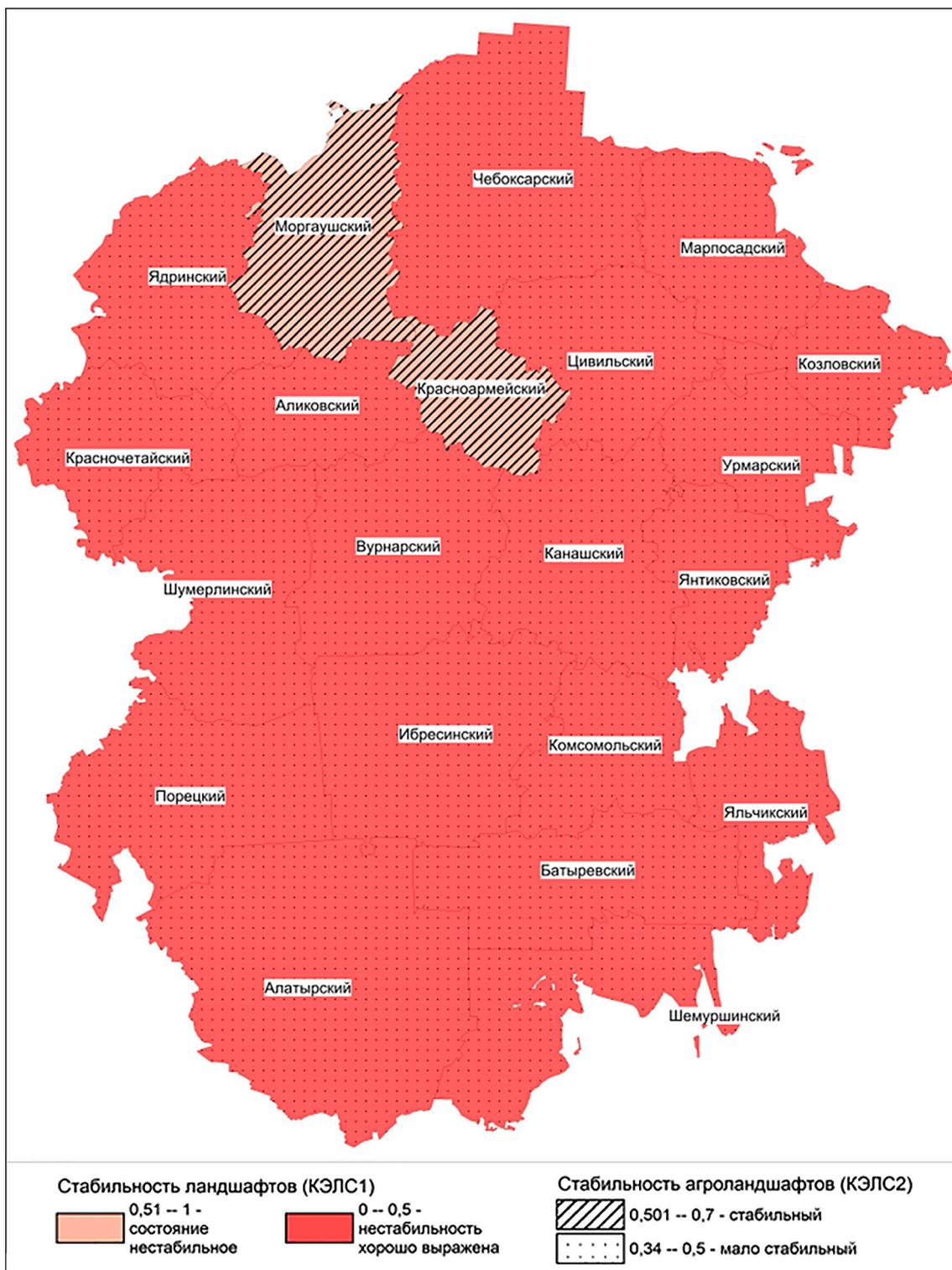


Рис. 3. Коэффициент экологической стабильности КЭСЛ₁ и КЭСЛ₂

Коэффициент экологической стабильности агроландшафта (КЭСЛ₂) для Чувашской Республики составил 0,43, что позволяет сделать вывод о низком состоянии эко-

логической устойчивости агроландшафтов. 90% (906,7 тыс. га) территории Чувашской Республики экологически мало стабильны с показателями КЭСЛ₂ от 0,39 до 0,47.

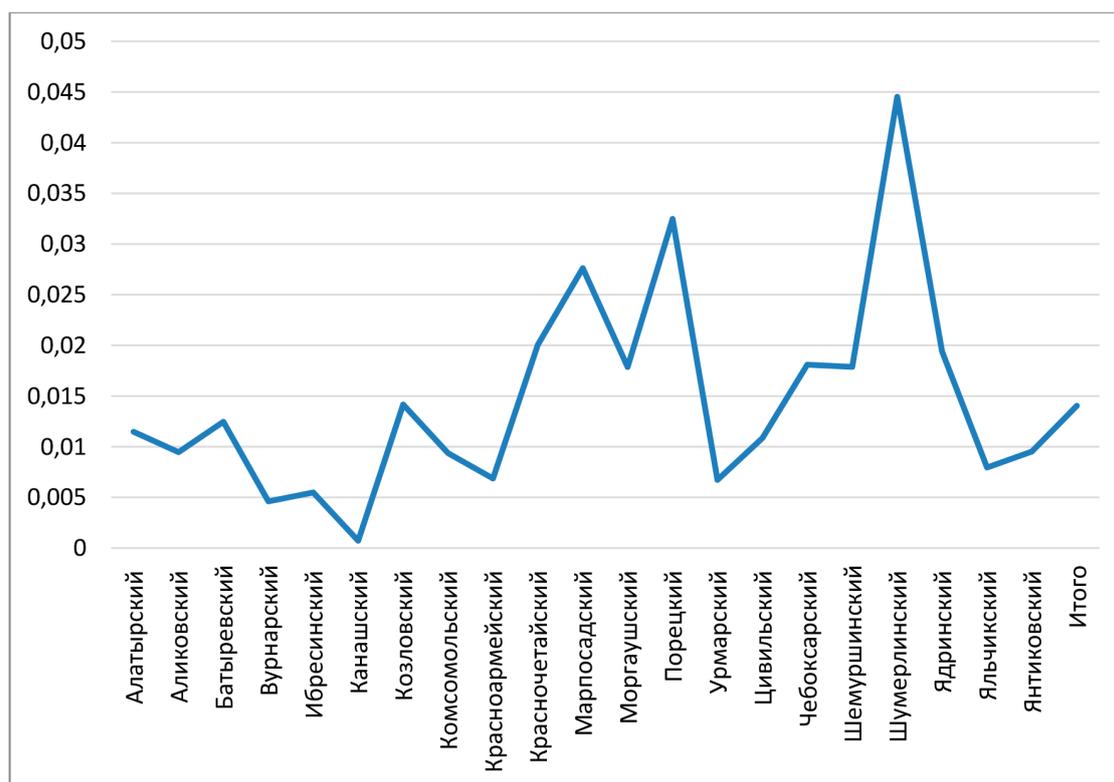


Рис. 4. Доля облесенности агроландшафтов муниципальных образований ЧР, %

Это связано, прежде всего, со значительной долей освоённости, распаханности сельскохозяйственных земель, крайне низкой долей лесопокрытой площади сельскохозяйственных земель и уязвимостью территорий к негативным воздействиям и опасным природным процессам. Наиболее благоприятная экологическая ситуация со стабильным агроландшафтом выявлена только в Порецком и Красночетайском муниципальных округах (рис. 3).

Итак, распаханность сельскохозяйственных земель в регионе следует сократить с 74 до 65%. Для улучшения ситуации, поддержания экологического равновесия и обеспечения устойчивого развития агроландшафтов необходимо увеличить долю стабилизирующих угодий, в том числе из-за крайне высоких показателей эрозионного смыва с густой овражно-балочной сети от 1,3 до 2,0 км/км² [7]. Например, необходимо провести лесомелиоративные мероприятия по увеличению доли защитных лесополос до 4–7%, ввиду недостаточного уровня облесенности агроландшафтов ЧР – 0,01% (рис. 4).

Соответственно, проблема землепользования Чувашской Республики связана

не только с природно-климатическими условиями и типом экономических систем, позволяющими в той или иной мере использовать землю как фактор производства, но и сложившимся технологическим укладом [8] использования агроландшафтов.

Для рационального использования территории необходимо создать фитомелиоративные лесополосы, выполняющие ветрозащитные и водорегулирующие функции, спроектировать противозерозионные приовражные лесонасаждения, провести облесение верховья оврагов, а наиболее ценные экосистемы включить в состав экологического каркаса региона.

Заключение

Полученные результаты показателей экологической устойчивости агроландшафтов позволят оптимизировать структуру земель, планомерно снизить антропогенную нагрузку, увеличить лесопокрытую площадь, контролировать и при необходимости корректировать структуру землепользования для повышения экологического равновесия и внутреннего баланса ландшафтов.

Список литературы

1. Агроландшафтоведение: учебное пособие / Сост. С.В. Богомазов, Е.В. Павликова, О.А. Ткачук, Н.Н. Тихонов. Пенза: Издательство РИО ПГСХА, 2016. 119 с.
2. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 367 с.
3. Глуховская М.Ю. Анализ экологической устойчивости и стабильности региональной территории на примере Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 4 (204). С. 53–61.
4. Система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Курск: Издательство ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013. 50 с.
5. Доклад о состоянии и использовании земель в Чувашской Республике в 2018 году. Чебоксары, 2019. 102 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://chebs.cap.ru/news/2021/04/19/doklad-o-sostoyanii-i-ispoljzovanii-zemelj-v-chuva> (дата обращения: 05.04.2024).
6. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б., Плотников В.А., Гапонова Н.П. Научно-практические основы оценки экологической сбалансированности агроландшафта и степени соответствия используемой в нем системы земледелия. Курск: Издательство ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2017. 66 с.
7. Ильин В.Н., Никонорова И.В., Мулендеева А.В. Фитомелиорация как способ ландшафтно-адаптивного земледелия в условиях региона с интенсивной овражной эрозией (на примере Чувашской Республики) // Региональные геосистемы. 2020. Т. 44, № 2. С. 176–185.
8. Смирнов В.В., Мулендеева А.В. Структурный анализ российского землепользования // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2019. Т. 15, № 6. С. 1057–1074.

УДК 504.3.054:502.3:574.2(470.26)
DOI 10.17513/use.38280

БИОИНДИКАЦИЯ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КАЛИНИНГРАДА)

¹Романчук А.Ю., ¹Барина Г.М., ¹Бикташева Э.А., ²Рагулина И.Р.

¹Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград,
e-mail: annaroman@mail.ru, barinova-gm@mail.ru, elina.b2000@gmail.com;

²Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, e-mail: izragulina@mail.ru

Проведена оценка качества атмосферного воздуха методами биоиндикации на примере города Калининграда – эксклава на побережье Балтийского моря. В качестве индикаторов выбраны клен остролистный (*Acer platanoides*), клен псевдоплатановый (*Acer pseudoplatanus*), клен серебристый (*Argentum dignissim*). Для проведения исследования территория города была разделена на 34 квадрата, в узлах которых определялась площадь проективного покрытия кленов лишайником Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata* Taylor). Кроме того, оценивалось состояние растительности – степени изреженности кроны, наличие хлорозов, некрозов на коре и листьях деревьев. Оценка антропогенной нагрузки проводилась с учетом природных особенностей и градостроительной структуры территории в период летнего сезона 2021 г. По результатам лихеноиндикационного картирования установлено, что в 44,5% объектов исследования площадь проективного покрытия составила 50% и более, свидетельствуя о достаточно высоком качестве воздушной среды. На 38,2% участков города отсутствие лишайников позволяет оценить состояние атмосферного воздуха как неблагоприятное. Полученные результаты рассматриваются в контексте уровня антропогенной нагрузки в различных районах города (планировка, построение уличных сетей, степень загазованности воздуха), особенностей атмосферных процессов, способствующих очищению воздуха. В условиях современного потепления и экстремальности климата подчеркивается важность использования зеленых насаждений в городской инфраструктуре для формирования комфортной среды.

Ключевые слова: городская инфраструктура, Калининград, лихеноиндикация, загрязнение атмосферного воздуха

BIOINDICATION AS A METHOD FOR ASSESSING ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN URBANIZED TERRITORIES (BASED ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF KALININGRAD)

¹Romanchuk A.Yu., ¹Barinova G.M., ¹Biktasheva E.A., ²Ragulina I.R.

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad,

e-mail: annaroman@mail.ru, barinova-gm@mail.ru, elina.b2000@gmail.com;

²Baltic Fishing Fleet State Academy FSBEI HE «Kaliningrad State Technical University»,
Kaliningrad, e-mail: izragulina@mail.ru

The assessment of atmospheric air quality by bioindication methods was carried out using the example of the city of Kaliningrad, an exclave on the Baltic Sea coast. Holly maple (*Acer platanoides*), pseudoplatane maple (*Acer pseudoplatanus*), silver maple (*Argentum dignissim*) were selected as indicators. To conduct the study, the city territory was divided into 34 squares, at the nodes of which the area of the projective covering of maples with lichen *Parmelia sulcata* Taylor was determined. In addition, the state of vegetation was assessed – the degree of sparseness of the crown, the presence of chlorosis, necrosis on the bark and leaves of trees. The assessment of anthropogenic load was carried out taking into account the natural features and urban planning structure of the territory during the summer season of 2021. According to the results of lichenindication mapping, it was found in 44.5% of the objects under study, the area of the projective coverage was 50% or more, indicating a sufficiently high quality of the air environment. In 38.2% of the city's sites, the absence of lichens makes it possible to assess the state of the atmospheric air as unfavorable. The results obtained are considered in the context of the level of anthropogenic load in various areas of the city (layout, construction of street networks, degree of air pollution), features of atmospheric processes contributing to air purification. In the context of modern warming and extreme climate, the importance of using green spaces in urban infrastructure to create a comfortable environment is emphasized.

Keywords: urban infrastructure, Kaliningrad, lichen indication, air pollution

Интенсивное развитие промышленности и урбанизация в целом привели к значительному увеличению выбросов в атмосферный воздух вредных веществ. В результате созданная человеком городская инфраструктура затрудняет самоочищение природной сре-

ды, что представляет серьезную угрозу для здоровья человека. В связи с этим оценка состояния атмосферного воздуха урбанизованных территорий для предотвращения и предупреждения негативных последствий – актуальная и необходимая задача [1, 2, 3].

Город Калининград – административный центр Калининградской области, его площадь составляет 223,03 км², население на 01.01.2023 года – 489735 человек. В его состав входят три административных района – Ленинградский, расположенный в восточной части города, с населением 181548 человек, Московский – в южной части города с населением 182554 человек, и Центральный, в котором проживают 125633 человек [4].

Природный каркас города представлен озелененными пространствами, 13 парками, 43 скверами, водно-озелененными территориями (466 га) и пригородными лесами (1568 га), в их числе: Прибрежный на юго-западной окраине, Космодемьянский – на западе и Чкаловский – на севере. К преобладающим породам деревьев и кустарников в системе озеленения города относятся клен остролистный (*Acer platanoides*), липа крупнолистная (*Tilia platyphyllos*), граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), береза повислая (*Betula pendula*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), боярышник обыкновенный (*Crataegus laevigata*), снежная-годник белый (*Symphoricarpos albus*), Форзиция яйцевидная (*Forsythia ovate*), в том числе интродуценты – магнолия Суланжа (*Magnolia soulangeana*), бархат амурский (*Phellodendron amurense*) и др.

В течение большей части года территория находится под влиянием устойчивого переноса воздушных масс с Атлантического океана с преобладанием юго-западных и западных ветров. Антропогенное воздействие на экосистемы и загрязнение атмосферного воздуха связаны с выбросами автотранспорта и промышленных предприятий, расположенных как в черте города, так и на его окраинах. Значительную роль играет также трансграничный перенос загрязняющих веществ из сопредельных стран Европы – Польши, Германии, Дании, Норвегии [5].

Цель работы заключалась в оценке загрязнения атмосферного воздуха и экологического зонирования г. Калининграда на основе методов биоиндикации.

Материалы и методы исследования

Для оценки степени атмосферного загрязнения используются различные методы биоиндикации, в том числе лишеноиндикация. Лишайники рассматриваются как специфический индикатор, демонстрирующий связь загрязнения атмосферного воздуха в условиях урбаноэкосистем с учетом

их видового состава, степени проективного покрытия, морфологии, содержания химических веществ [6, 7, 8]. Оценка антропогенной нагрузки проводилась в период летнего сезона 2021 г.

В качестве организма-биоиндикатора был выбран лишайник Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata Taylor*). Этот вид предпочитает богатый на питательные вещества субстрат с хорошим освещением, произрастает как на лиственных, так и на хвойных деревьях. Исчезает в случае сильного загрязнения атмосферного воздуха. Он относится к среднеустойчивому классу, способен аккумулировать в себе различные химические элементы, в том числе тяжелые металлы [9]. В качестве учетных деревьев выбраны следующие породы: клен остролистный (*Acer platanoides*), клен псевдоплатановый (*Acer pseudoplatanus*), клен серебристый (*Argentum dignissim*). В культуре озеленения г. Калининграда эти виды древесных насаждений преобладают, в первую очередь, в парках и скверах.

Для проведения исследования территория города была разделена на 34 квадрата размерами 2x2 км [10]. Реперные участки выбирали в узлах квадратов, в которых определялась площадь проективного покрытия лишайниками кленов с помощью метода, разработанного М.В. Кравченко и А.С. Боголюбовым в 1996 году. На исследуемых участках оценивали состояние растительности – наличие хлорозов, некрозов на коре и листьях деревьев, видимых повреждений и паразитов, степень изреженности кроны, нарушения корневой системы. Для визуального представления и пространственного анализа полученных данных использовали программу QGIS.

Результаты исследования и их обсуждение

В распространении и накоплении загрязняющих веществ значительную роль играют особенности планировки города [11]. В Калининграде можно выделить два преобладающих вида построения уличных сетей: радиально-кольцевую и комбинированную. Основные транспортные магистрали в городе расположены согласно радиально-кольцевому типу, отходя от центра города в восемь разных направлений, часть улиц соответствует комбинированному типу построения уличных сетей. С одной стороны, расположение городских магистралей способствует накоплению загрязняющих веществ в центре города, с другой – преоб-

ладание западного, юго-западного переноса воздушных масс по направлению основных дорог создает так называемый эффект ветрового каньона, что способствует выносу поллютантов за пределы города.

Важно отметить зависимость особенностей ветрового и температурного режима от типа городской застройки. Современный Калининград можно отнести к типу «город-чаша», для которого характерны малоэтажность в центральной части города (с расположенными там охраняемыми ландшафтными, историческими архитектурными объектами) и увеличение высотности зданий при движении от центра к окраинам. Для застройки типа «город-чаша» также характерно образование острова тепла в плотно застроенной центральной части города, где преобладает покрытие естественной поверхности искусственными материалами (асфальтом, плиткой и др.). Эффект городского острова тепла усиливается при воздействии солнечной радиации на южные стены зданий. Вероятность формирования острова тепла также увеличивают многоэтажные здания, способствуя блокировке ветровых потоков, поглощению солнечного излучения и снижению интенсивности конвективного охлаждения [12, 13].

Мониторинг состояния атмосферного воздуха в Калининграде проводится на пяти стационарных постах, расположенных в разных районах города [4]. В последние годы

уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается как высокий [14]. Наибольшая динамика в 2013–2017 гг. и 2018–2022 гг. характерна для диоксида азота, оксида углерода, взвешенных веществ и бензапирена, содержание которых за последние пять лет уменьшилось, но остается достаточно высоким: в пределах 1,2–1,4 ПДК, бензапирена – 4,8 ПДК. Доля проб атмосферного воздуха с превышением формальдегида, наоборот, увеличилась в два раза, возрастая преимущественно в летний период до 2,0, в особо опасные периоды – до 3,0–3,3 ПДК (таблица).

Наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ наблюдаются в зимний период (при отрицательных температурах) и высокой влажности воздуха. В летний период наличие осадков выступает как положительный фактор, способствующий оседанию загрязняющих частиц и их вымыванию из атмосферы.

Метеорологический потенциал атмосферы (МПА), рассчитанный по методике Т.С. Селегея [15] для условий Калининграда в 2021 г., показал, что его значения варьировали от 1,0 (в январе) до 1,8 (в июне). Средний годовой коэффициент МПА – 0,8, что соответствует достаточно высокому потенциалу очищения атмосферы. Наиболее благоприятные условия для рассеивания примесей наблюдались в весенние месяцы (рис. 1).

Доля проб атмосферного воздуха с превышением максимально разовых предельно допустимых концентраций содержания загрязняющих веществ в Калининграде (в ПДК) в периоды 2013–2017 гг., 2018–2022 гг.

Годы	Взвешенные вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Диоксид азота	Формальдегид	Аммиак	Бензапирен
2013–2017 гг.							
2013	2,6	0,3	2,4	2,2	0,8	2,9	4,4
2014	2,0	0,1	1,6	2,9	0,5	0,5	5,1
2015	3,4	0,1	1,8	2,7	0,8	0,6	4,8
2016	1,2	0,1	0,8	1,7	1,0	0,8	5,1
2017	1,6	0,1	1,5	0,8	0,3	1,1	6,1
среднее	2,2	0,1	1,6	2,1	0,7	1,2	5,1
2018–2022 гг.							
2018	1,4	0,1	1,1	1,7	0,9	1,4	3,9
2019	1,6	0,03	1,0	1,1	0,6	1,6	5,5
2020	1,2	0,04	1,0	1,9	2,0	1,7	9,0
2021	1,0	0,1	0,8	1,0	1,6	2,4	2,3
2022	1,6	0,3	1,9	1,5	1,7	1,2	3,2
среднее	1,4	0,1	1,2	1,4	1,4	1,7	4,8

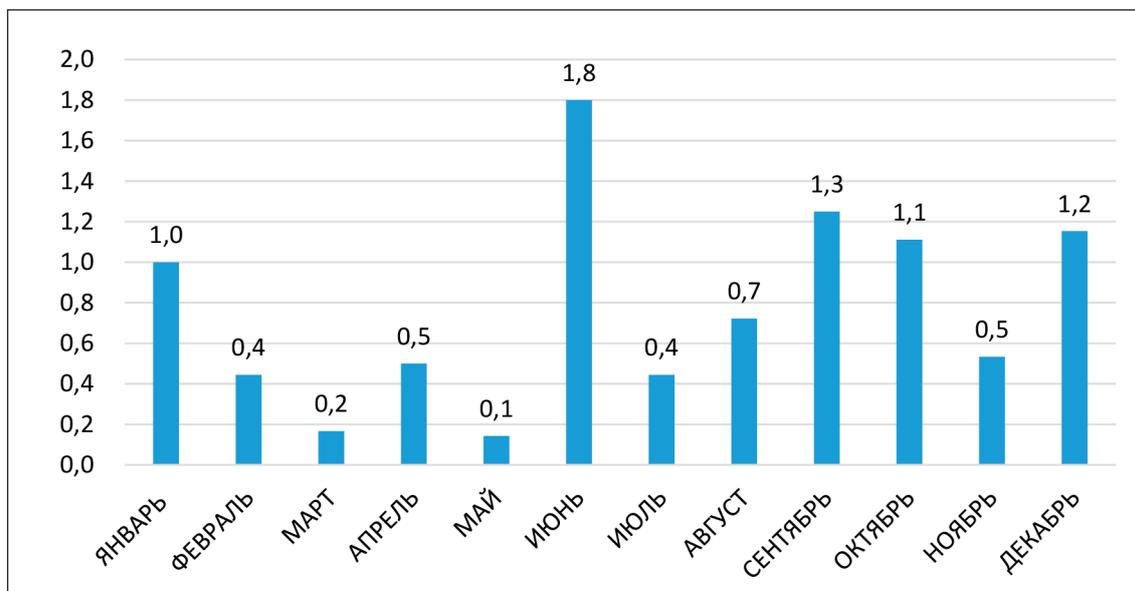


Рис. 1. Значения метеорологического потенциала в Калининграде в 2021 г.

В целом количество выбросов в атмосферный воздух в 2021 г. составило 6,538 тыс. т, из них 80% – газообразных и 20% – твердых веществ. По комплексному показателю – индексу загрязнения атмосферы (ИЗА) – город Калининград относится к городам с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. За последние годы ИЗА варьировал в пределах 10–13 единиц [4].

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха в г. Калининграде вносит автотранспорт, удельный вес которого составляет 83%, что в пять раз больше выбросов от стационарных источников – котельных, работающих на угле, дизельном топливе и мазуте, домов с печным отоплением, которые до сих пор есть на территории города. На 01.01.2023 г. в г. Калининграде действуют 22 угольные котельные и столько же газовых. В пределах города насчитывается 51 предприятие, в том числе судостроения и судоремонта, машиностроения, металлообработки (36,3%), производства строительных материалов, пищевой промышленности (18,1%), предприятия по обработке дерева (15,1%), химической, нефтехимической и легкой промышленности (6%) [4].

Оценка загрязнения атмосферного воздуха Калининграда методами картирования результатов лишеноиндикации позволила выделить в районах города участки с наиболее неблагоприятной ситуацией. Результаты исследования показали, что площадь проективного покрытия лишайником Пармелия бороздчатая клена остро-

листного в восьми точках (23,5%) превысила 5%, в семи точках (21%) – выше 50%, что характеризует экологическое состояние воздушного бассейна как благоприятное. На остальных участках (32%) зафиксировано отсутствие лишайников, что отражает высокий уровень загрязнения атмосферы. В восьми точках (23,5%), главным образом, расположенных в южной части города, не удалось определить площадь проективного покрытия в связи с отсутствием клена остролистного в культуре озеленения. Для наглядного представления и пространственного анализа полученных данных с помощью программы QGIS построена карта-схема оценки площади проективного покрытия лишайниками.

Для территории города в целом характерна мозаичная картина проективного покрытия деревьев лишайниками, что отражает неоднородность загрязнения атмосферного воздуха в пределах городской черты. Ареалы с наиболее благоприятным состоянием воздушной среды, где лишайники распространены в большей степени, приурочены к озелененным пространствам города – паркам, скверам, кварталам с низкоэтажной застройкой в Ленинградском и Центральном районах. Максимальное проективное покрытие деревьев лишайником отмечено на окраинах города, вблизи пригородных лесных массивов, в том числе, на северной окраине города, где большую роль в очищении атмосферы играет Чкаловский пригородный лесной массив.

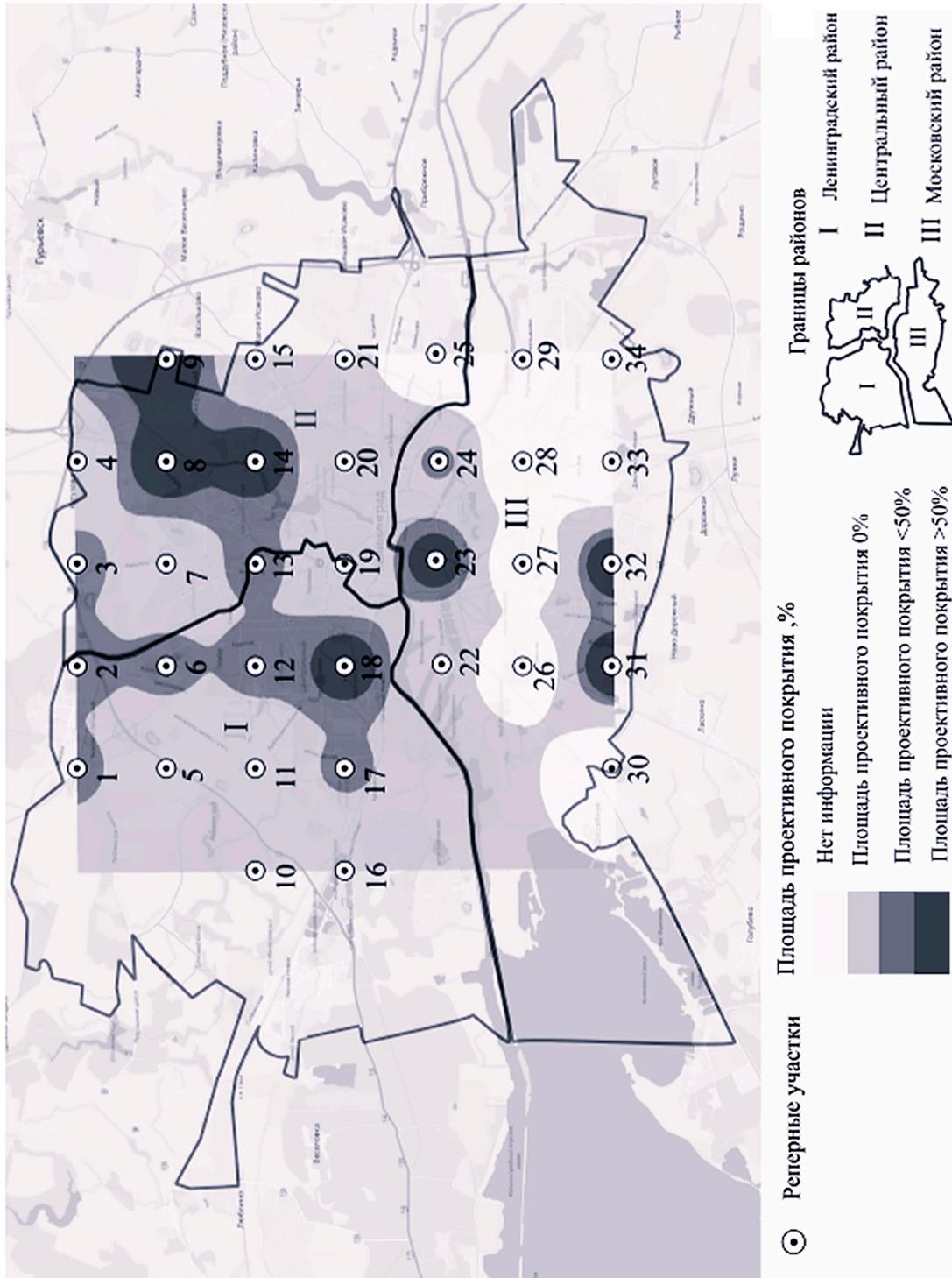


Рис. 2. Карта-схема результатов лишениоиндикации на территории г. Калининграда

Ареалы с отсутствием лишайников (в Центральном и Ленинградском районах) расположены вдоль основных транспортных магистралей в восточном направлении (выезд за город) и западном (выезд к морю), а также вблизи промышленных объектов (рис. 2). Можно полагать, что в местах плотного транспортного потока в городской среде происходит накопление углекислоты и других загрязняющих веществ, которые усваиваются растениями и приводят к быстрой деградации, существенно изменяя их вегетативную способность. Результаты дендроиндикации выявили, что в ареалах с отсутствием лишайников на древостое клена остролистного отмечаются хлороз листьев, местами некротические повреждения, опущение ветвей, полное отсутствие листьев и коры.

В южной части города (Московский район) практически оказалось невозможно провести анализ из-за отсутствия посадок клена остролистного в системе озеленения. При визуальной оценке состояния имеющегося древостоя (липа крупнолистная, береза повислая и др.) были отмечены наличие многочисленных хлорозов и некрозов листьев, высокая степень изреженности кроны, поврежденная корневая система.

Выводы

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

- уровень загрязнения атмосферного воздуха в Калининграде оценивается как высокий (ИЗА – 10–12), что подтверждается отсутствием лишайника Пармелия бороздчатая на 38% объектов исследования. Наибольшие концентрации загрязняющих веществ наблюдаются при неблагоприятных условиях для рассеивания примесей в осенне-зимний период, а также в периоды экстремального повышения температуры воздуха;

- предлагаемый подход может применяться для оценки загрязнения атмосферы при экспертизе проектов застройки города с учетом тщательного подхода к выбору объектов лишеноиндикации, в первую очередь, их распространенности в озеленении города;

- оценка загрязнения атмосферного воздуха методами лишено- и биоиндикации подтверждает выводы ряда авторов о роли антропогенного фактора в изменении качества воздушной среды, однако необходимо уделять особое внимание анализу направления господствующих ветровых потоков в соответствии с планировкой и застройкой

города, увеличению зеленых пространств для минимизации эффекта острова тепла;

- необходимо проведение мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в соответствии с установленными ПДК, что касается, в первую очередь, модернизации транспортной инфраструктуры города, разработки комплексной схемы организации дорожного движения;

- в системе озеленения города важно учитывать значение зеленых массивов, обеспечивающих комфортные температурно-радиационные условия для жителей, снижение отрицательной роли городского транспорта и промышленных предприятий (Ленинградский и Московский районы). Особое внимание необходимо обратить на сохранение старовозрастных древесных растений, которые не только создают уникальный колорит исторического облика города, но и обладают высокой способностью улавливать углекислый газ и очищать атмосферный воздух. В условиях современного потепления климата необходимо широкое внедрение интродуцентов, произрастающих в более южных регионах.

Список литературы

1. Кузнецов Е.В., Шакиров Р.Р. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишайников // The scientific heritage. 2021. № 68. С. 41-44.
2. Mikhaylov A. Lichens as indicators of atmospheric pollution in urban ecosystems // Israel Journal of Ecology and Evolution. 2020. Vol. 67, Is.1-2. P. 60-68. DOI:10.1163/22244662-bja10016.
3. Федорова Д.Г., Укенов Б.С. Флуктуирующая асимметрия листьев рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) как биоиндикатор аэротехногенного загрязнения города Оренбурга // Вестник БФУ им. И. Канта. Серия: естественные и медицинские науки. 2023. № 4. С.103-114. DOI: 10.5922/gikbfu-2023-4-8.
4. Государственный доклад «Об экологической обстановке в 2021, 2022 гг.» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ecat.k.ru/gosudarstvennoe-zadanie/doklad-ob-ekologicheskoy-obstanovke-v-kaliningrade> (дата обращения: 23.04.2024).
5. Топчая В.Ю., Котова Е.И., Чечко В.А. Вклад трансграничного атмосферного переноса тяжелых металлов в загрязнение окружающей среды калининградской области // Успехи современного естествознания. 2021. № 9. С. 65-69. DOI 10.17513/use.37687.
6. Пунгин А.В. Геоэкологическая оценка состояния атмосферного воздуха города Калининграда методом лишеноиндикации: автореф. дис....канд. геогр. наук. Калининград, 2018. 23 с.
7. Домнина Е.А., Огородникова С.Ю., Пестов С.В., Ашихмина Т.Я. Методы лишеноиндикации в оценке загрязнения атмосферного воздуха соединениями фосфора // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 4. С. 37-44. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-4-037-044.
8. Панченко Л.С. Лишеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха в природном парке «Волго-Ахтубинская пойма» // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное об-

разование. 2022. № 2 (66). С. 168-176. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-21.

9. Пунгин А.В., Чайка К.В., Федурев П.В., Николаева Н.В., Коломиец А.С. Оценка влияния городской среды на видовое разнообразие и физиолого-биохимические особенности лишайников // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 72-77. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-072-077.

10. Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschaum U., Nimis P.L., Purvis O.W., Pirintsos S., Scheidegger C., Van Haluwyn C., Wirth V. Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality // Monitoring with lichens-monitoring lichens. 2002. P. 273-279. DOI: 10.1007/978-94-010-0423-7_19.

11. Храпкина Е.П. Экология городов с различными схемами улично-дорожной сети // Alfabuild. 2017. № 1. С. 135-140.

12. Шукуров И.С., Оленьков В.Д., Пайкан В., Аманов Р.М. Обеспечение экологической безопасности городов

с учетом аэрационного режима воздуха // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 41-44. DOI: 10.12737/article_590878faafb818.60730967.

13. Барина Г.М., Гаева Д.В., Краснов Е.В., Романчук А.Ю., Ушакова Л.О. Роль климатических факторов в распространении природно-очаговых клещевых инфекций в условиях изменения климата на северо-западе России // Вестник Воронежского университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 1. С. 23-34. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2023/1/23-34.

14. Pungin A., Dedkov V. Assessment of air quality by lichen indication method in the central part of Kaliningrad // Research Journal of Chemistry and Environment. 2017. Vol. 21, Is. 2. P. 32-39.

15. Селегей Т.С., Юрченко И.П. Потенциал рассеивающей способности атмосферы // География и природные ресурсы. 1990. № 2. С. 132-137.

СТАТЬЯ

УДК 553.048

DOI 10.17513/use.38281

**СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАГАННЫХ СОДЕРЖАНИЙ
ПРИ ОЦЕНКЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

¹Вяльцев А.С., ²Кирьяков Г.А.

¹ТОО «Бай Тау Минералс», Алматы, e-mail: andrey.vyaltsev@baitauminerals.com;

²Нордголд, Москва, e-mail: g-kir@yandex.ru

Ураганным содержанием принято называть аномально высокое содержание, выделяющееся из основной массы наблюдений. Данные содержания серьезно искажают реальное содержание металлов в сторону завышения. Значимость влияния ураганных содержаний тем выше, чем выше вес каждой пробы при оценке содержаний – то есть чем реже разведочная сеть. Использование ураганного содержания приводит к завышению содержаний в блочных моделях минерализации, что, в свою очередь, приводит к завышению содержаний в минеральных ресурсах и рудных запасах. Учитывая тот факт, что влияние ураганных содержаний выше на ранних стадиях изучения месторождений, завышение содержаний в минеральных ресурсах может привести к ошибочному решению об отработке убыточного объекта. Целью исследования в данной статье является рассмотрение различных подходов к решению проблемы ураганных содержаний. В данной статье рассматриваются природа возникновения ураганных содержаний, основные подходы к определению уровня ураганных содержаний при оценке минеральных ресурсов и методы устранения данных содержаний. По результатам исследования делается заключение о необходимости поиска и ограничения ураганных содержаний с использованием нескольких методов с последующим сравнением результатов между собой и выработкой обобщенного решения.

Ключевые слова: вариация, выбросы, завышенное содержание, ураганы, статистика, дезинтеграция

**TECHNIQUES FOR DETERMINING EXTREMELY HIGH GRADES
IN THE ESTIMATION OF MINERAL RESOURCES**

¹Vyaltsev A.S., ²Kiryakov G.A.

¹LLP Baj Tau Minerals, Almaty, e-mail: andrey.vyaltsev@baitauminerals.com;

²Nordgold plc, Moscow, e-mail: g-kir@yandex.ru

An anomalously high grade that stands out from the bulk of observations is commonly referred to as an extremely high grade. Extremely high grades seriously distort the actual metal content towards overestimation. The significance of the impact of extremely high grades is greater the higher the weighting of each sample in grade estimation - i.e. the rarer the exploration grid. The use of extremely high grades to overestimation of grades in block models of mineralization, which in turn leads to overestimation of grades in Mineral Resources and Ore Reserves. The purpose of the research in this article is to examine various approaches to dealing with extremely high grades. Given the fact that the impact of extremely high grades is higher in the early stages of deposit exploration, overestimation of Mineral Resource grades may lead to an erroneous decision to mine a loss-making deposit. This article considers the nature of the occurrence of extremely high grades, the main approaches to determining the level of extremely high grades in the estimation of mineral resources and methods of eliminating these grades. Based on the results of the study, it is concluded that it is necessary to search for and limit extremely high grades using several methods with subsequent comparison of the results among themselves and development of a generalized solution.

Keywords: variation, emissions, overestimated grade, top cut, statistics, disintegration

Ураганным содержанием принято называть аномально высокое содержание, выделяющееся из основной массы наблюдений. В геологическом словаре ураганное содержание определяется следующим образом: «Проба с весьма высоким содержанием полезного компонента, резко искажающая его среднее содержание и, как следствие, приводящая к искаженной оценке запасов полезного ископаемого».

Проблема ураганных содержаний – не сугубо специфическая для горнодобывающей промышленности. Наличие значений, резко выделяющихся из некоторого набора данных, присутствует практически во всех областях человеческой деятельности. В статистике такие значения принято называть «выбросами».

Ураганы или выбросы характеризуются следующими особенностями:

– Не отражают (и искажают) свойства руды и процесса рудообразования в данном месте.

– Величина выбросов значительно превышает истинную изменчивость содержаний.

– Причины возникновения ураганных содержаний могут быть различны:

- «Человеческий фактор»: от ошибки при пробоотборе/пробоподготовке до ошибки при обработке данных.

- Технические причины: сбой оборудования, брак химических реактивов, программные сбои и т.д.

- Природные факторы. Этот тип факторов отличается крайне высокой степенью

разнообразия. Перечислить все возможные природные причины возникновения аномально высоких содержаний не представляется возможным.

К сожалению, природа возникновения аномального содержания практически никогда не известна. Обычно для возможных мест возникновения ошибки, обусловленной «человеческим фактором» или технической причиной, разработаны правила, протоколы действий и проверки, позволяющие свести к минимуму эти причины, поэтому в данной статье считается, что природа возникновения аномально высокого содержания – чисто природная.

Целью исследования в данной статье является рассмотрение различных подходов к решению проблемы ураганных содержаний.

Материалы и методы исследования

Прежде чем заняться поиском ураганных содержаний, имеет смысл решить, стоит ли вообще это делать. В некоторых источниках [1] предлагается следующее эмпирическое правило:

– Набор данных с коэффициентом вариации менее 1, скорее всего, не нуждается в урезке ураганных содержаний.

– Набор данных с коэффициентом вариации более 1,2, скорее всего, нуждается в урезке ураганных содержаний.

– Набор данных с коэффициентом вариации более 3, скорее всего, нуждается в разделении на домены.

На наш взгляд, для условий месторождений благородных металлов эти уровни, вероятно, могут быть выше.

Проблема ураганных содержаний может быть «разложена» на два вопроса: как их найти и что с ними потом делать. Вариантов обнаружения ураганных содержаний, существует более 40 [2]. Наибольшее распространение в советской, а затем российской практике получили два: метод Когана и метод Каллистова. В практике работы зарубежных геологов применяются свои методы, некоторые из них являются аналогами упомянутых методов.

Необходимо иметь в виду, что ни одно на 100% верного, научно обоснованного и безошибочного метода обнаружения ураганных содержаний не существует. Каждый из методов, по сути, является сочетанием статистических приемов, эмпирических выводов и волевого решения. То есть определение того, что именно уже является ураганным содержанием, а что – еще нет, очень сильно зависит от знаний, опыта и главным образом

здорового смысла геолога, поэтому к вопросу урезки необходимо подходить максимально вдумчиво, учитывая все данные.

В качестве метода исследования было выбрано рассмотрение и сопоставление действующих общепринятых вариантов определения оптимальных значений для урезки ураганных содержаний. Далее в статье описываются применяемые авторами на практике методики и рассматриваются их преимущества и недостатки.

Визуальный анализ гистограмм и вероятностных кривых

Этот метод красиво назван «методом дезинтеграции» [3]. В данном случае ураганными пробами считаются пробы с содержаниями, сильно «оторванными» от основной массы наблюдений, что приводит к появлению горизонтальной «ступеньки» на вероятностной кривой. Подобный анализ напоминает метод Каллистова. Этот метод обнаружения ураганных проб, с одной стороны, является довольно субъективным, с другой – опирается на анализ реально существующего распределения без привлечения «модельных» распределений. Необходимо помнить, что, работая с данными, содержащими вес декластеризации, этот вес нужно учесть при построении гистограмм и вероятностных кривых, иначе есть довольно большой шанс получить некорректные результаты.

После построения гистограммы с размером «бина» по умолчанию следует попытаться изменить его таким образом, чтобы возможные нарушения однородности в правом «хвосте» распределения стали более отчетливыми. При этом не следует доводить ситуацию до распада гистограммы на отдельные столбцы (рис. 1). В этом случае довольно сложно анализировать как гистограмму, так и вероятностную кривую, поскольку не всегда понятно – отражает ли рассматриваемая граница действительно нарушение однородности или является артефактом неудачного построения гистограмм.

При анализе вероятностной кривой следует обратить внимание на ее «срывы» или «ступеньки» в верхах распределения (рис. 2), что может свидетельствовать о наличии ураганных содержаний.

Очень полезной возможностью при интерактивном построении гистограммы и графика накопленной вероятности является возможность выделить диапазон проб на графиках и увидеть их расположение в пространстве (рис. 3).

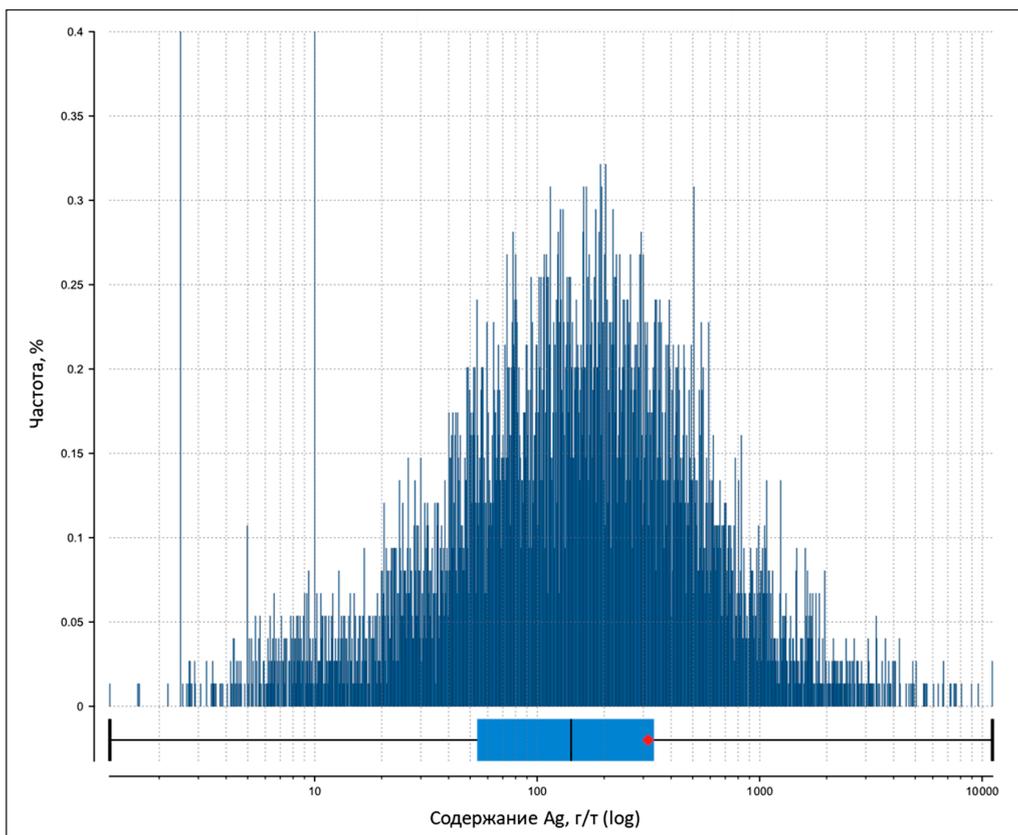


Рис. 1. Последствия слишком малого размера «бина» при построении гистограммы

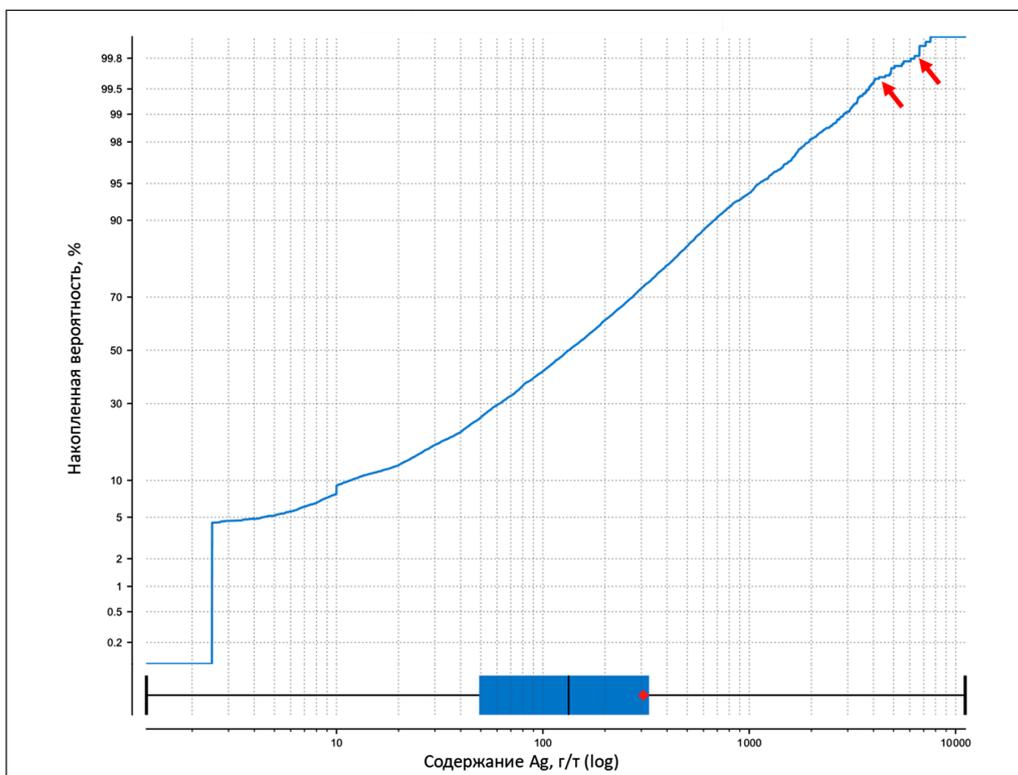


Рис. 2. «Срывы» вероятностной кривой, которые могут свидетельствовать о наличии ураганных содержаний

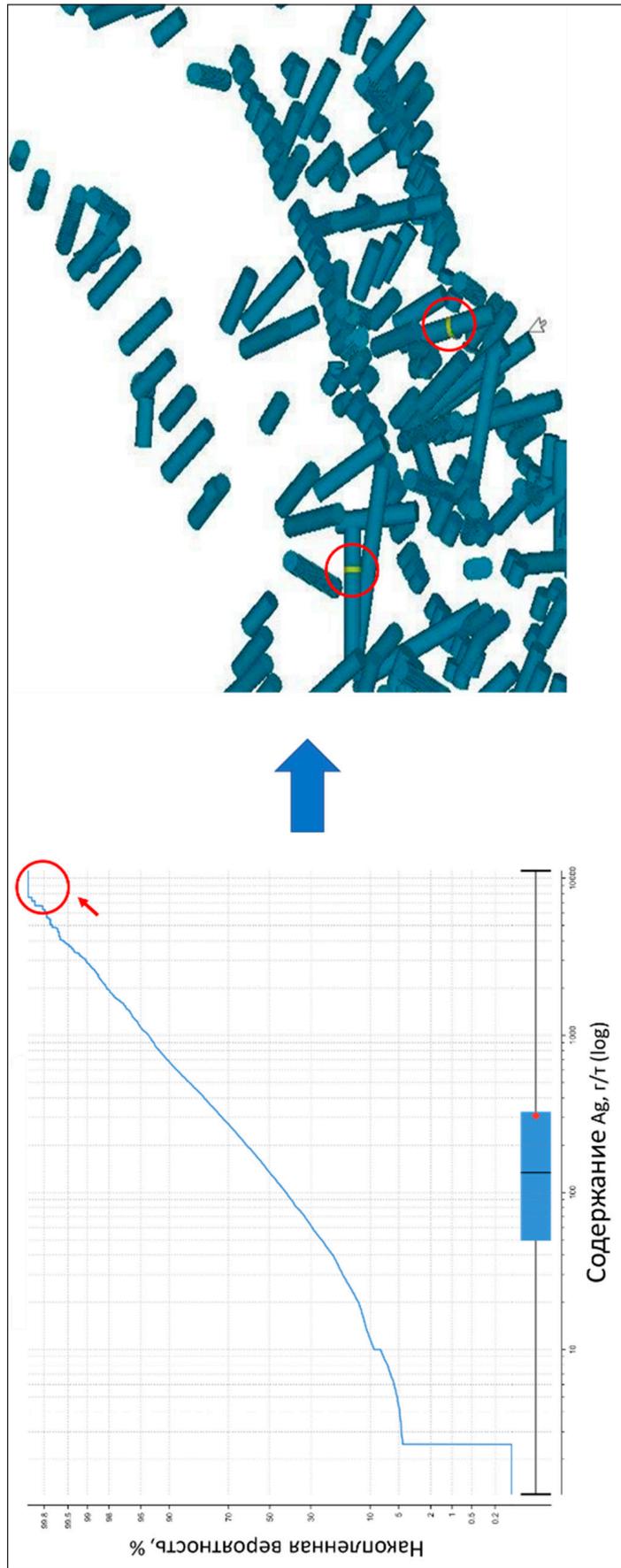


Рис. 3. Выделение диапазона проб на вероятностной кривой (слева) и их отображение в окне 3D (справа, выделены желтым в красных кругах)

О наличии ураганных проб может свидетельствовать наличие «срыва» на вероятностной кривой, который соответствует промежутку на гистограмме в сочетании с тем фактом, что отмеченные пробы не обнаруживают тенденции к пространственной группировке.

Следует различать ураганные пробы и пробы, представляющие более богатую совокупность (например, пробы, освещающие рудные столбы). Последние обычно группируются в участки, прослеживаемые по простиранию и/или падению.

Квантильный анализ

В какой-то степени является «модернизированным» аналогом метода Когана. Считается, что выборка содержит аномальные содержания, если 90% процентиля несет более 40% металла. Границей ураганного содержания считается граница 1% процентиля (из верхних 10%), несущего более 10% металла [4]. При этом необходимо иметь в виду, что принятые критические уровни количеств металлов в процентилях обоснованы только эмпирически и к результатам определения уровней ураганных содержаний с помощью квантильного анализа следует подходить критически.

Квантильный анализ предусмотрен практически во всем горном программном обеспечении. В результате выполнения процедуры квантильного анализа рассматриваемая выборка упорядочивается по возрастанию содержаний и разбивается на классы, каждый из которых содержит 10% наблюдений. То есть создается файл процентов с 10% шагом. «Верхний» класс дополнительно разбивается на 10 частей, то есть

по 1%. Границей ураганных содержаний является нижняя граница того процентиля, где было превышено критическое значение доли металла.

Анализ отношений содержаний в упорядоченном ряду

Метод обнаружения ураганных содержаний, являющийся упрощенным аналогом метода дезинтеграции. Суть метода заключается в вычислении отношений содержаний (текущего к предыдущему) в упорядоченном ряду. Содержания сортируются по возрастанию (от наименьшего к наибольшему), и каждое значение содержания делится на предыдущее значение содержания. В случае наличия аномально высоких значений будет зафиксирован резкий скачок отношений [5].

Рассматривать отношения содержаний имеет смысл в области высоких содержаний, где возможно появление ураганных проб. Нет никакого смысла рассматривать весь ряд содержаний. Начало графика необходимо выбрать в области, где ураганных содержаний, скорее всего, еще нет. В случае наличия аномально высоких значений будет зафиксирован резкий скачок отношений в «верхах» упорядоченного ряда содержаний (рис. 4). После определения уровня ураганных содержаний обязателен контроль по гистограмме и проверка пространственного расположения выделяемых проб с анализом близрасположенных проб.

Метод заключается в анализе графика зависимости величины коэффициента вариации от различных уровней урезки ураганных содержаний [6].

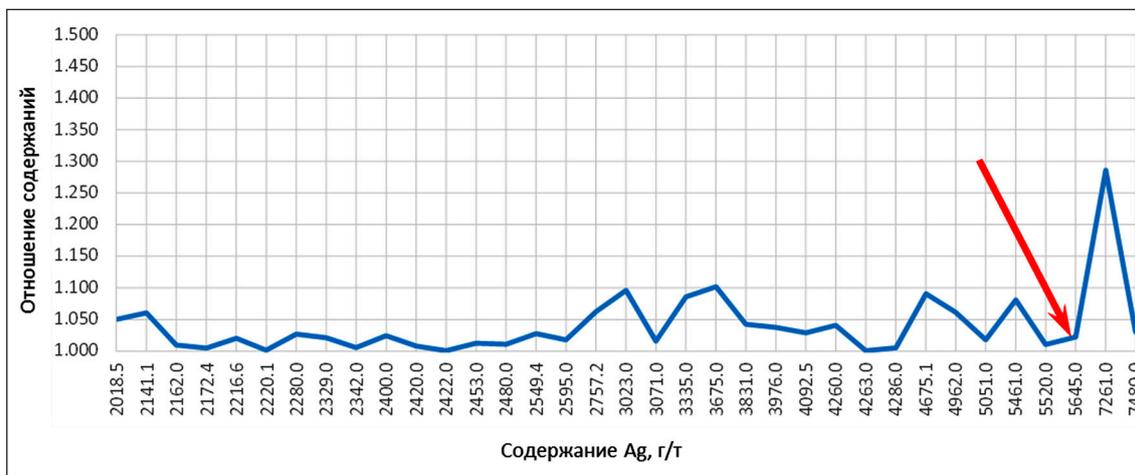


Рис. 4. Пример графика отношений содержаний в упорядоченном ряду с выделенным ураганным содержанием на границе 5645 г/т

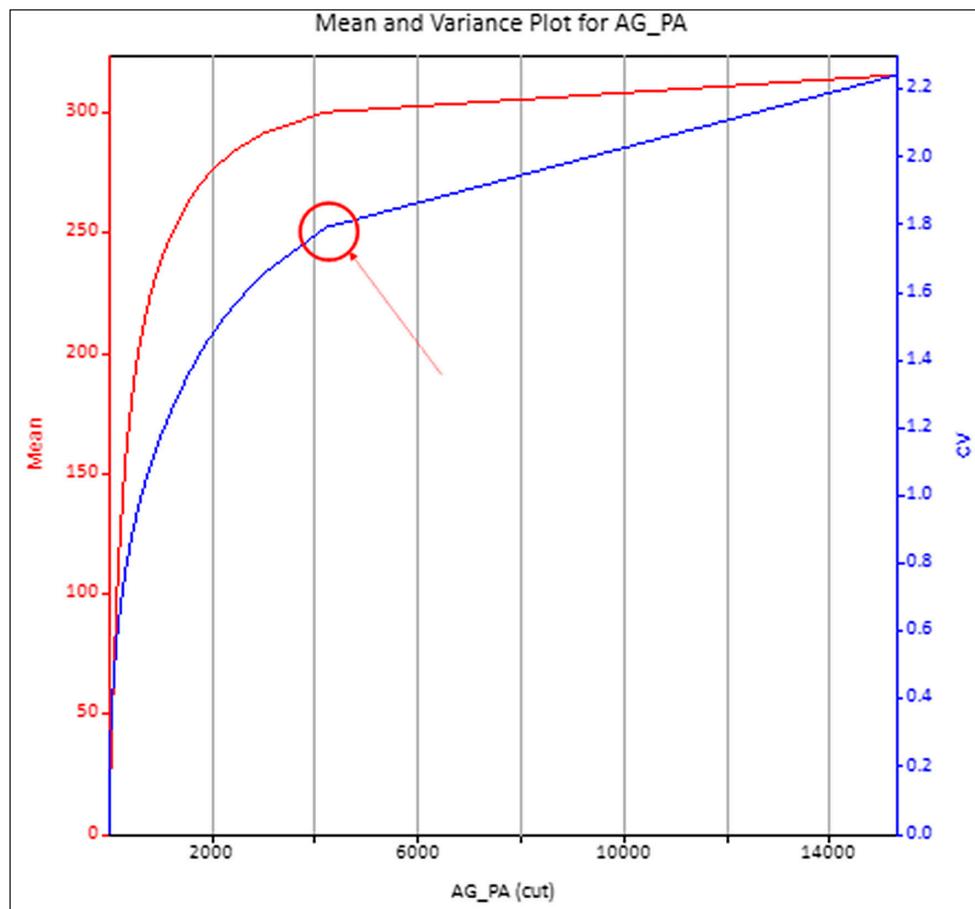


Рис. 5. Излом графика зависимости коэффициента вариации от уровня урезки

Анализ характера изменения коэффициента вариации

Предполагается, что включение в выборку аномального содержания приводит к появлению «излома» или «ступеньки» на соответствующем графике (рис. 5). Данный способ может быть реализован с использованием MS Excel. Однако формулы вычисления выборочной дисперсии, заложенные в Excel, не учитывают взвешивание на вес декластеризации, поэтому не подходят для расчетов в случае кластерных данных. Для использования весов декластеризации формулу расчета дисперсии следует слегка изменить. Формула с учетом веса декластеризации:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times f_i}{\sum f_i},$$

где f_i – вес декластеризации.

Диапазон и шаг возможных уровней урезки принимается на усмотрение геолога, исходя из распределения содержаний.

Метод межквартильного размаха

Непосредственно в геологии метод в явном виде используется редко. Он рекомендован при исследовании бизнес-процессов, анализе временных рядов и т.д. Однако этот метод фактически знаком каждому, кто пользовался диаграммой типа «ящик с усами». В этом случае «ящик» ограничен первым и третьим квартилем, а «усы» – границами квартилей плюс/минус полтора межквартильных размаха. Ураганными содержаниями считаются содержания, которые превышают содержание верхней границы третьего квартиля плюс полтора межквартильных размаха:

$$Q_3 + k \times (Q_3 - Q_1),$$

где $k = 1,5$ или $k = 3$, Q_1 – верхняя граница первого квартиля, Q_3 – верхняя граница третьего квартиля.

Коэффициент « k » чаще всего используется равным указанным двум значениям [7]. Данный метод довольно прост в использовании.

Метод Сихеля

Среднее Сихеля – это оценка среднего содержания, разработанная специально для логнормального распределения, свободная от ошибки, связанной в том числе с наличием ураганных содержаний. Формула для расчета:

$$\text{Среднее Сихеля} = e^{\overline{\log(x)}} \times e^{\left(\frac{\sigma_{\log(x)}^2}{2}\right)},$$

где $\overline{\log(x)}$ – среднее логарифмированных (по основанию e) данных, $\sigma_{\log(x)}^2$ – дисперсия логарифмированных данных.

Метод заключается в последовательной урезке наиболее высоких содержаний таким образом, чтобы среднее содержание урезанной выборки приблизилось к исходной оценке Сихеля. Наибольшую ценность этот метод представляет по той причине, что ориентирован именно на логнормальный характер распределения.

Метод «трех сигм»

Метод основывается на следующем свойстве нормального распределения: при наличии нормально распределенной совокупности ~99,7% наблюдений содержатся в «коридоре»: среднее содержание ± три стандартных отклонения [8].

Метод прост и выглядит вполне научно-образно, однако есть существенные ограничения: рассматриваемая выборка должна быть однородна и не должна противоречить нормальному распределению. Очевидно,

что на месторождениях золота (и не только золота) эти условия не выполняются практически никогда. Во-первых, распределение содержаний благородных металлов чаще близко к логнормальному (но с точки зрения общеупотребимых критериев проверки может ему противоречить), во-вторых, в подавляющем большинстве случаев массивы данных представляют собой неоднородные выборки, содержания в которых сформированы несколькими процессами. Причем гометризовать однородные части чаще всего технически невозможно (рис. 6).

Поэтому применение данного правила часто наталкивается на трудности, преодоление которых может быть невозможным. Соответственно, использование метода «трех сигм» вряд ли может считаться оправданным. Здесь оно упоминается только для того, чтобы предостеречь от его использования.

Что делать с найденными ураганными содержаниями

Вопрос о том, что делать с найденными ураганными содержаниями, может быть решен двумя способами:

– Полное исключение аномальных содержаний из рудной выборки. Этот подход полностью оправдан в том случае, если есть четкое понимание того, что наличие аномально высокого содержания обусловлено техническими причинами или человеческим фактором. Поскольку это практически никогда неизвестно, удаление ураганного содержания из рудной выборки чаще всего выглядит не вполне обоснованным.

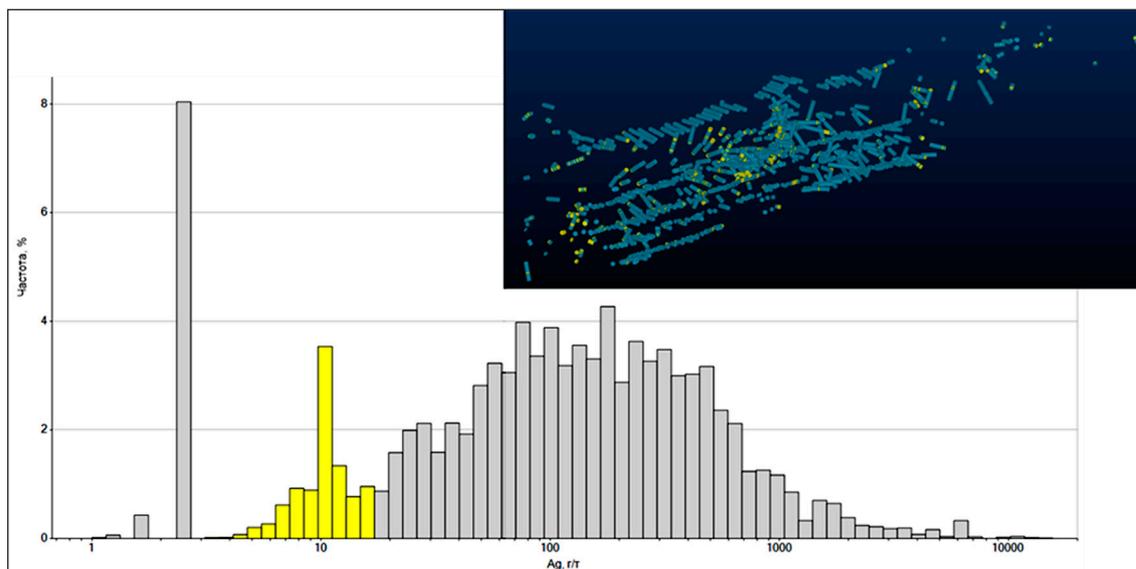


Рис. 6. Гистограмма содержаний серебра в рудном теле и распределение в пространстве проб, принадлежащих одной из совокупностей, формирующих общую выборку (выделено желтым)

– Замена аномально высокого содержания на что-то более низкое [9]. Этот подход является наиболее широко распространенным, есть только разночтения в вопросе того, чем заменять. В упомянутых раньше 40 методах урезки варианты предлагаются самые разные – от замены на среднее по блоку, увеличенное на некоторое количество стандартных отклонений до среднего по окружающим пробам. В практике работы авторов данной статьи всегда выполнялась замена ураганного содержания на граничное значение.

Результаты исследования и их обсуждение

Необходимо иметь в виду, что определение уровня ураганного содержания должно выполняться индивидуально для каждого выделенного домена (то есть к моменту урезки должна быть произведена разбивка на домены). Это требование совершенно очевидно ввиду того, что выделенные домены зачастую ощутимо различаются по содержаниям. То есть содержание, вполне допустимое в одном домене, может оказаться (ложно) ураганным в другом. Также возможна обратная ситуация: наличие ураганного содержания в домене может маскироваться рядовыми содержаниями в более богатом домене при их совместном рассмотрении. Тем не менее, как это ни странно, это очевидное обстоятельство часто не учитывается.

В случае если объем рудной выборки по каждому рудному телу позволяет рассматривать их (тела) индивидуально, это следует сделать. Поиск ураганного проба одновременно для большого количества рудных тел допустим только в случае, если степень разведанности (и, как следствие, объем выборки по отдельным телам) не позволяет рассмотреть каждое тело обособленно. Но даже в этом случае группировка тел должна быть выполнена с учетом наличия доменов и, возможно, с выделением классов рудных тел по содержаниям.

Вопрос о том, выборка какого объема может считаться достаточной для индивидуального рассмотрения, не имеет однозначного ответа. Традиционно в учебниках по математической статистике указывается, что статистические критерии начинают «работать» с объемом выборки ~50–70 наблюдений (в ряде случаев указывается, что и с уровня 40 наблюдений уже можно ими пользоваться). Вероятно, величину в несколько десятков проб со значимыми со-

держаниями можно считать «достаточной» для индивидуального рассмотрения урезки. При этом необходимо помнить, что объем выборки самым непосредственным образом влияет на достоверность получаемых результатов.

Следует иметь в виду и то, что для урезки содержаний рудная выборка должна отражать свойства рудного тела в целом, то есть быть представительной: пробы должны быть отобраны по всему объему рудного тела по регулярной, равномерной и достаточно плотной разведочной сети [10]. Также необходимо, чтобы пробы имели одинаковое основание – то есть имели одинаковую природу – например, все рассматриваемые пробы являлись бы керновыми пробами и были приблизительно одинаковой длины. Рассмотрение в пределах одной выборки керновых и, например, валовых проб недопустимо. Также крайне желательно, чтобы пробы, участвующие в рассмотрении, были проанализированы либо одним и тем же методом, либо методами, которые могут считаться «равноправными» с точки зрения точности результатов.

В случае нерегулярной сети наблюдений необходимо выполнить процедуру декластеризации и ввести в расчеты вес декластеризации.

Урезку имеет смысл выполнять только для «натуральных» содержаний компонентов – то есть для «натуральных» содержаний золота или серебра (меди/платины и т.д.). Выполнять какие-либо статистические манипуляции с «интегральными» полями «условного золота» (серебра и т.д.) технически, конечно, возможно, но смысла не имеет.

При поиске и урезке ураганного содержания следует различать «собственно ураганное» пробы и пробы из более богатых совокупностей (рудных столбов). Для этого при поиске ураганного проба следует анализировать их пространственное расположение, положение в распределении (гистограммы и вероятностные кривые) и наличие группировки проб с подозрением на ураганное содержание.

Заключение

Поиск и ограничение ураганного содержания является важной частью оценки минеральных ресурсов, которая позволит корректно произвести интерполяцию содержания в блочную модель и не допустить их переоценки. Поиск и ограничение ураганного содержания должны выполняться несколькими методами с последующим

сравнением результатов между собой и выработкой обобщенного решения о способе ограничения.

Список литературы

1. Coombes J. The Art and Science of Resource Estimation: A Practical Guide for Geologists and Engineers // Coombes Capability. 2016. P. 97–100.
2. Амосов Р.А., Батрак В.И., Беневольский Б.И. Методика разведки золоторудных месторождений. М.: ЦНИГРИ, 1991. С. 71–80.
3. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. М.: Недра, 2002. С. 57–59.
4. Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии. М.: Санкт-Петербургский горный институт им. Г.В. Плеханова. 2006. С. 67–74.
5. Вяльцев А.С., Кирьяков Г.А. Базовая оценка минерализации М.: Издательские решения, 2024. 130–146 с.
6. Coombes J. I'D like to be OK with MIK. A Critique of Mineral Resource Estimation Techniques // Coombes Capability. 2016. P. 178–187.
7. Stewart M., de Lacey J., Hodkiewicz P.F., Lane R. Grade Estimation from Radial Basis Functions – How Does it Compare with Conventional Geostatistical Estimation // Ninth International Mining Geology Conference // Adelaide. 2014. P. 129–140.
8. Kent M., Catto B., Doyle M., Gibbs D., Matheson M., Singer R., Kendall B. Vann J. Tropicana Gold Mine, Western Australia – A Case Study of Non-Linear Mineral Resource Estimation. Mineral resource and ore reserve estimation // The AusIMM guide to good practice. Australia. 2014. P. 301–309.
9. Rondon O., Trueman A. A Practitioner's Guide to Recoverable Resource Estimation Using Localised Uniform Conditioning. Mineral resource and ore reserve estimation // The AusIMM guide to good practice. Australia. 2014. P. 387–394.
10. Вяльцев А.С. Использование нелинейных методов оценки содержания полезного компонента // Горный журнал. 2021. № 2290. С. 46–51.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 911.52

DOI 10.17513/use.38282

**ГЕНЕЗИС ОЗЕР ОДНОТИПНЫХ ЛАНДШАФТОВ РЕЧНЫХ ДОЛИН
ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****Горшкова А.Т., Рыков Р.А., Бортникова Н.В., Семанов Д.А., Горбунова В.П.***Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,
Казань, e-mail: rykov97@gmail.com*

В обзорной статье представлены данные по двум обособленным ландшафтными зонам высокого иерархического уровня – участках волжской палеодолины, протянувшейся от Казани в сторону р. Меша в Лайшевском муниципальном районе, и камской поймы территории Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан. Единый генезис озерных котловин разных участков обусловлен расположением в схожих природных условиях даже на расстоянии в сотни километров. Преобразование речных и озерных комплексов обусловлено как естественными, так и антропогенными факторами, ускоряющими процессы трансформации водных объектов. В настоящее время накоплен огромный объем результатов многолетних исследований водных объектов территории республики, систематизированных по отдельным блокам базы данных автоматизированной системы оценки водных ресурсов (АСОВР), обеспеченной программным расчетным комплексом. Отступая сегодня от цифровых матриц, авторы статьи запланировали теоретически осмыслить направленность географических процессов, происходящих в период эколого-экономического компромиссного взаимодействия. Ключом к пониманию вопросов генезиса и эволюции лимнологических систем может быть системный подход, в рамках которого предлагается одновременное исследование комплекса водных объектов, расположенных в генетически однородных ландшафтных условиях. Кажущиеся несвязанными озера в прошлом могли представлять единую гидрологическую сеть.

Ключевые слова: генезис, речная долина, озера, ландшафт, лимнология, река Волга, река Кама

**GENESIS OF LAKES OF THE SAME TYPE OF LANDSCAPES RIVER VALLEYS
THE TERRITORY THE REPUBLIC OF TATARSTAN****Gorshkova A.T., Rykov R.A., Bortnikova N.V., Semanov D.A., Gorbunova V.P.***Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences,
Kazan, e-mail: rykov97@gmail.com*

The review article presents data on two distinct high-level landscape zones – the sections of the Volga paleovalley, stretching from Kazan towards the Mēsha River in the Laishevsky municipal district, and the Kama floodplain of the territory of the Nizhnekamsky municipal district of the Republic of Tatarstan. The unified genesis of lake basins of different sites is due to their location in similar natural conditions, even at a distance of hundreds of kilometers. The transformation of river and lake complexes is due to both natural and anthropogenic factors that accelerate the transformation of water bodies. Currently, a huge amount of results of long-term studies of water bodies in the territory of the republic has been accumulated, systematized according to separate blocks of the database of the automated system for assessing water resources (ASOVR), provided with a software calculation complex. Departing from digital matrices today, the authors of the article plan to theoretically comprehend the direction of geographical processes occurring during the period of ecological and economic compromise interaction. The key to understanding the issues of the genesis and evolution of limnological systems may be a systematic approach, in which a simultaneous study of a complex of water bodies located in genetically homogeneous landscape conditions is proposed. Seemingly unrelated lakes in the past could represent a single hydrological network.

Keywords: genesis, river valley, lakes, landscape, limnology, Volga river, Kama river

Специфика отдельных ландшафтов определяет расположение в их пределах генетически однородных водоемов, объединенных однонаправленными трендами развития, едиными механизмами функционирования гидрогеоэкосистем. Условия существования водоемов на конкретной местности определяются совокупностью характеристик морфолитоогенного и гидрогеологического порядков, формой рельефа, в совокупности определяющих характер формирования поверхностного стока. На современном этапе экономико-геогра-

фического развития в режиме интенсивного освоения территориального пространства, в частности современного техноградостроительства, представляется целесообразным проведение исследований в разрезе полного комплекса водных объектов, расположенных в единых границах условно выделенных гидрогеологически связанных ландшафтов. При этом для получения оценки экологической ситуации, прогноза экологической обстановки, ранжирования рисков и угроз деградации, а также разработки мероприятий по предотвращению негатив-

ных проявлений удобнее классифицировать единые системы водоемов и водотоков по ландшафтным признакам. Уже сегодня на территории Республики Татарстан можно выделить не менее десятка генетически, гидрологически и гидродинамически связанных систем водных объектов, преобладающее количество которых является производным эволюционирующих речных долин. Целью данного научного исследования является анализ происхождения и этапов развития естественной цепочки озер в пределах одного природного территориального комплекса с однородными физико-географическими условиями.

Ландшафт палеодолины Волги от г. Казань до р. Меша площадью 739 км² (73900 га) наиболее богат генетически однородными водоемами. На пути своего гравитационного перемещения русло большой реки оставляло за собой след четко прослеживающейся по картам цепи бочавого-старичных водоемов [1]. Входят сюда звенья крупных озер Кабанной системы в границах столицы Республики Татарстан и уникальных озер Лаишевского муниципального района, в большинстве признанных особо охраняемыми природными объектами. Весь озерный лаишевский комплекс расположен в зоне рельефа долины малых рек и суходолов, вклинивающейся между подъемами III волжской террасы и направляющей поверхностный сток к югу в сторону Мешинского бассейна. По отношению к волжскому руслу территория ниже Казани является бессточной, по поверхности рельефа здесь не впадает ни один прямой приток, однако модуль подземного питания высокий и соответствует 1 л/сек*км² [2]. Дело в том, что рассматриваемый ландшафтный комплекс базируется на мощной морфолитогенной подушке нижнечетвертично-современного аллювиального горизонта, под которым на средней глубине 100 м залегает самое мощное по территории Республики Татарстан Столбищенское месторождение пресных вод с запасом 212,20 тыс. м³/сут. [3, 4]. Подземное питание озер ландшафтной палеоволжской зоны таким образом поддерживается за счет поддолинных горизонтов вод.

Система озер Кабан представляет собой единую водную структуру, состоящую из трех крупных водных объектов: Верхний, Дальний или Борисковский Кабан; Средний Кабан; Нижний или Ближний Кабан. Средний и Нижний Кабаны соединены Ботанической протокой, а Нижний Кабан имеет своим продолжением протоку (канал) Бу-

лак. Общая длина всех водоемов составляет 8,6 км, а площадь водосбора, которая в настоящее время полностью находится внутри городской черты, составляет 76,3 км². Морфометрический контур системы озер представляет собой очертания рукавов реки. Гравитационное правонаправленное перемещение русла Волги к правому берегу постепенно увеличивало ширину древней долины с образованием аллювиальных террас, состоящих из нескольких, налегающих друг на друга комплексов [5]. На уступе I и II надпойменных террас, в превратившейся в старицу древней ложбине рукава Волги и образовался комплекс озер Кабанной системы [6, с. 33].

Лежат озера Кабан в географических координатах от 55°43'14"СШ, 49°09'05"ВД до 55°47'03"СШ, 49°07'11"ВД на высоте местности от 50–52 м БС (озера Нижний и Средний Кабан) до 60–62 м (Верхний Кабан). Такое расположение озер на территории, относящейся к зоне с увлажненностью более 500 мм осадков в год и повторяемостью значительной и сплошной облачности, способствует созданию благоприятных условий формирования поверхностного и подземного притока в водоемы и поддержанию относительно постоянного объема водной массы в них. После создания Куйбышевского водохранилища и линии инженерной защиты города от подтопления, в целях поддержания оптимального уровня воды в городских озерах были сооружены отводные каналы, оснащенные мощными насосами для перекачки при необходимости воды в Волгу через Борисковскую протоку [7; 8]. Самое большое озеро Средний Кабан имеет площадь 128,2 га с объемом воды 10013,4 тыс. м³. Нижний Кабан занимает 45,6 га с объемом 3820,9 тыс. м³. Верхний Кабан, занимающий площадь 24,1 га, имеет объем 1544,9 тыс. м³ [9]. Самое глубокое место находится у южной оконечности озера Средний Кабан, где предположительно располагается 19-метровый карстовый провал. Место называется Чертов Угол, и именно отсюда производится сброс излишков вод при переполнении озера в Борисковскую протоку. Максимальная глубина озера Нижний Кабан также впечатляющая – 17,3 м. Верхний Кабан имеет чуть меньшую глубину – 13,2 м. В 1980-е гг. Нижний Кабан был настолько загрязнен стоками промышленных предприятий, что поднимался вопрос о его засыпке, но здравый смысл восторжествовал – стоки были отведены, и постепенно воды очистилась.

Справедливости ради следует заметить, что современный период в целом характеризуется нестабильностью экологического состояния абсолютно всех городских водных объектов. Биocenотическое равновесие внутригородских водных экосистем настолько неустойчиво, что любое непродуманное превышение антропогенной нагрузки может быстро превращать водоемы в деградирующие и надолго дестабилизировать в них процессы самоочищения. Причина деградации кроется не только в загрязнении водоемов, но и в постоянном стремлении людей преобразовывать их гидрологический режим, применяя методы перенаправления стока, каптажа проток, перегораживания дамбами и плотинами, также изъятия донного субстрата, а именно верхнего слоя активного ила, что приводит к нарушению механизмов биocenотического самоочищения [10]. Кроме Булака механическим преобразованиям подвергалась и Ботаническая протока, соединяющая Нижний и Верхний Кабаны. В 1920-е гг. протоку пытались заточить в трубу для предотвращения размыва дамбы железнодорожного моста, но расчеты оказались неверными – отметка дна трубы оказалась в пределах полного ее промерзания в зимний период года, чем разобщила озера. В результате в процессе интенсивного таяния снега вода, как бы подсказывая нерадивым инженерам, сама проложила новый путь в обход трубы. Сегодня по Ботанической протоке свободно проходят только спортивные гребные суда, каяки, байдарки, научно-исследовательские и патрульные маломерные катера [11].

Географическая цепочка «Кабанов» – озер и одноименных населенных пунктов – протянулась единой линией на юго-восток от Казани. За озерами располагались деревни Большие и Малые Кабаны, Татарский Кабан, вдоль Ногайской дороги – селения Уч Кабан, Иске Кабан, Селик-Кабан, Таш-Кабан, Кабан, протянувшиеся до самого Ногайского перевоза на Каме, располагавшегося на месте современного моста через Каму «Сорочьи Горы – Мурзиха», и простирались далее за Каму, где и поныне здравствует деревня Кабан-Бастырык. Именно в сторону направленности стока географической системы «Кабанов», метко названного историками «Кабанским городищем», когда-то открывались и Ногайские ворота казанского кремлевского посада.

Ниже по течению Волги, повторяя контуры старого русла, в единой цепи, протянувшейся вплоть до границ возвышенного

и основывающегося на водонепроницаемом водоупоре Саралинского участка Волжско-Камского государственного биосферного заповедника, расположились озера Лаишевского муниципального района РТ. Общее количество озер единого пойменного генезиса 249, двенадцать самых крупных из них имеют статус ООПТ [12]. Все водоемы относятся к бассейну Куйбышевского водохранилища и зарегистрированы в гидрографическом справочнике «Водные объекты РТ» [13, с. 396]. В списки внесены озера от 0,01 га. Как правило, на озерах проводятся целевые эпизодические комплексные исследования, например, для внесения сведений в периодически обновляемые издания Реестра ООПТ, также в случаях необходимости оперативного реагирования при проявлении неблагоприятных экологических ситуаций [14]. Справедливости ради следует заметить, что ничего экстраординарного и сенсационного эти исследования не выявили; видовое разнообразие гидробионтов, растений и животных укладывается в характеристики превалирования аборигенных доминантов, обитателей загрязненной и сильно загрязненной среды, что подтверждается и гидрохимическими оценками. Исключением является лишь одно катастрофически теряющее сегодня уровень озеро Свежее (55°33'18.52"СШ 49°16'11.36"ВД), которое выделяется микроскопическими морфометрическими параметрами всех представителей смешанного сообщества гидробионтов; причины зятянутых размеров организмов остаются загадкой. Как показывает дистанционное зондирование территорий, все современные водоемы образовались и сохраняются в бочагах бывших русел праволжских водотоков в пределах низкой долины малых рек и суходолов в междурасном понижении рельефа местности. Передвигаясь согласно законам Кориолиса – Бэра, Волга по законам физики подтягивает за основным руслом подрусловые и поддолинные воды, обуславливая понижение доли подземного питания русловых останцев – стариц, обезжизнение которых происходит, как только их воды поднимаются выше местного базиса эрозии. Естественно, что в первую очередь исчезают малые неглубокие озера, особенно попавшие в зоны застройки. Динамику изменения морфометрических параметров озер проводили методом дистанционного зондирования по снимкам доступного архива с 2003 по 2023 г. За последние 20 лет исчезли мелкие озера на

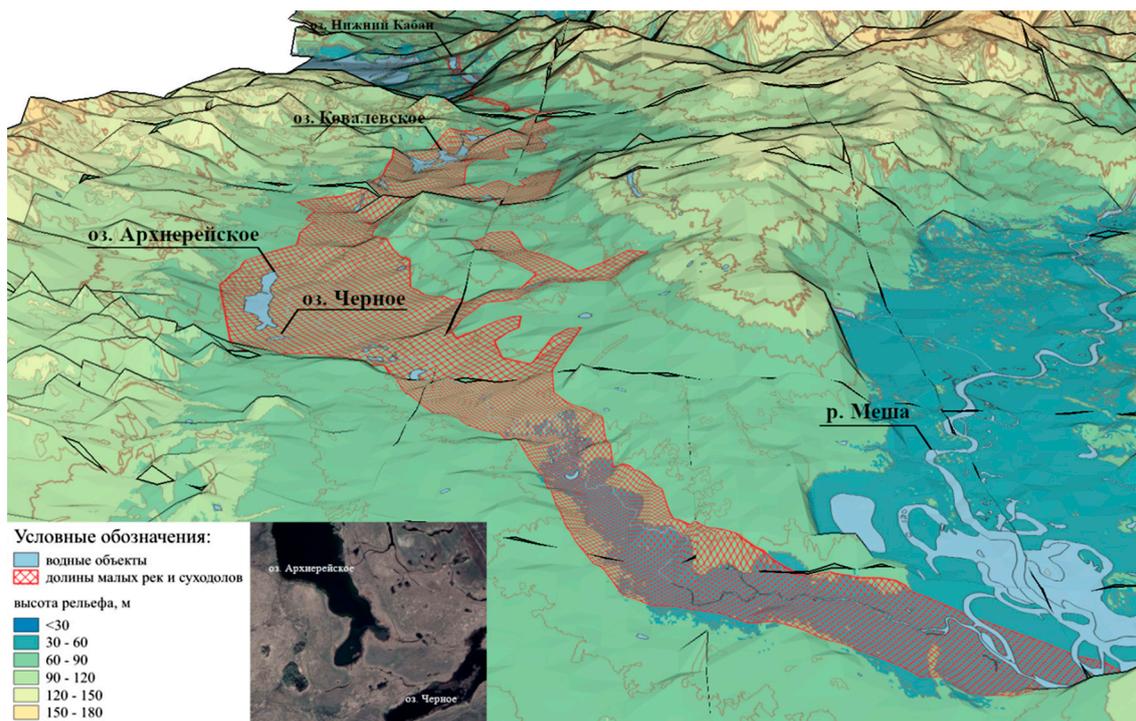
селенных пунктах Габишево, Орел, Новые Поляны, уменьшились вдвое и втрое озера в деревнях Пиголи, Травкино, Русское Никольское, Столбищи и других небольших населенных пунктах. Площадь озера Чистое в деревне Чистое Озеро, имеющего статус ООПТ, сократилась на 70% [15]. Из числа антропогенных факторов особенно способствуют обмелению озер распашка земли под урез воды, локальный и диффузный сток сточных вод, сведение околородного пояса растительности (в эстетических целях) в населенных пунктах и повсеместное массовое использование скважинной добычи грунтовой воды местным населением, что значительно нарушает режим подземного питания малых водоемов. Более крупные и глубокие озера данной системы более стабильны во времени. Расположение столба воды на уровне и ниже базиса эрозии определяет постоянное подземное питание, в том числе и из подруслового и поддолинного слоев карстующихся пород. Самое крупное озеро Ковалевское (109 га), расположенное в селе Песчаные Ковали в координатах 55°37'49.56"СШ и 49°09'51.20"ВД, за 20 лет потеряло 1,4% площади поверхности водного зеркала предположительно за счет происходящего освоения его бассейнового пространства. Озеро имеет сложноплощадную форму, повторяющую контуры речной системы с глубоко врезанным тальвегом; максимальная глубина озера достигает 12 м при средних значениях в 3 м. Объем озера составляет 4 млн м³ [16]. Относительное постоянство уровня режима во времени подтверждает стабильность механизма подземного питания озера, что является гарантией сохранности водоема. Поверхностное же воздействие, пока не превысило критической нормы, можно считать минимальным и несущественным.

Второе по величине цепочки озер палеодолины Лаишевского муниципального района озеро Архиерейское (64,9 га) расположено с привязкой к селу Тарлаши в координатах 55°33'09.45"СШ и 49°08'23.94"ВД. Морфометрия озера также повторяет форму рукава реки, длина озера в 5 раз превышает его ширину. Максимальные глубины около 17 м, средние глубины – 5,7 м. Объем воды 4 млн м³.

Площадь поверхности озера за последние 20 лет сократилась на 3% предположительно за счет интенсивного освоения водосбора, который с юга до уреза воды занят землями сельскохозяйственного назначения. В настоящее время статус земель водо-

сбора переводят в категорию земель поселений. С северо-западной стороны расположен неканализованный н.п. Тарлаши. Уже застроенные участки с. Тарлаши в преобладающем количестве входят в границу 50-метровой водоохранной зоны и 20-метровой береговой полосы общего доступа, что является нарушением статей 6, 65 Водного кодекса Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2023). Также в результате сооружения насыпи участка скоростной федеральной автомобильной дороги М-12 «Восток» (угловые координаты расположения трассы на водосборе озера соответствуют 55°34'10.97"СШ 49°5'24.59"ВД, 55°34'27.10"СШ 49°9'1.71"ВД), явившейся новым искусственным водоразделом, северная часть территории водосбора площадью 5,23 км была отсечена от основной площади бассейна 3671 га, что уменьшило его площадь на 14,25%. Остальные 17,54% территории водосбора застроены, 6,63% территории уже определены под потенциальную застройку, 30,46% территории находятся в статусе земель сельскохозяйственного назначения, 45,37% занято лесопосадками. Несмотря на существенное антропогенное воздействие на водосбор, озеро сохраняет основные морфометрические параметры и, соответственно, статус ООПТ благодаря бесперебойному глубинному подземному питанию.

Сохраняют свои параметры и другие озера ООПТ. Так озеро Моховое (11 га) однотипно образованное в тальвеге праволжского притока с максимальными значениями глубины 13 м, имеющее соответственно идентичную другим родственным озерам вытянутую форму котловины, за 20 лет не изменило свои параметры. Также площади поверхности сохранили или незначительно на 1–3% озера списка ООПТ Заячьё (12 га), расположенное на окраине села Столбище (4,16 га), Лесное (1,32 га) с максимальной глубиной 13 м с привязкой к селу Большие Кабаны, озеро Саламыковское (16,49 га) морфометрически повторяющее узкий участок реки с максимальной глубиной 9 м. Площади водного зеркала озер Сапуголи и Свежее сократились на 20% за счет ускорения естественных процессов от воздействия антропогенных факторов, в первом случае по причине ошибок благоустройства, во втором – допуском превышаемого пределы возможного забора воды и распашки сельхозугодий под урез.



3D модель рельефа расположения старичных озер г. Казань и Лаишевского м.р.

Все водоемы Кабанной системы и комплекса озер Лаишевского муниципального района гидрографически взаимосвязаны, что было подтверждено еще первым серьезным геоморфологическим анализом местности, проведенным в 1833 г. профессором и ректором Императорского Казанского университета Ильей Федоровичем Яковкиным [17]. В то время гидрографическая связь всех палеоволжских водоемов на картах просматривалась более отчетливо. Многочисленные протоки и болота, а также все вышеописанные озерные образования обеспечивали бесперебойное перетекание стока, и по крупномасштабному проекту очистки и обновления вод Кабанов И.Ф. Яковкина сооружение лишь небольшого искусственного канала могло обеспечить проточность по пути старого русла Волги, через все взаимосвязанные водоемы в приток реки Меша, который брал начало из озера Архирейское. Связь всех водоемов и водотоков данной дренажной системы рельефа Лаишевского муниципального района прослеживается и сегодня, особенно в периоды паводков и половодья (рисунок).

Не менее интересным для изучения представляется суперкавальный ландшафт интенсивной застройки палеодолины Камы, на котором расположена система старич-

ных Соболековских озер, представленная 133 гидрографически связанными водоемами и водотоками на площади 33,5 км² (3350 га), административно относящимися к Елабужскому и Нижнекамскому муниципальным районам Республики Татарстан [18].

Семь озер, взятых из списков 1960-х гг. гидрологической изученности внесены в списки Государственного водного реестра РФ [19]. Все водоемы отнесены к Камскому бассейновому округу. Официальные названия тогда были присвоены только самым крупным водоемам – Соболеково (+ Каракуль), Юртово, Подборное, Долгое, Протока Кривель. Топонимика исходила первоначально от привязки к местности д. Соболеково, позже от названия самого крупного озера с одноименным названием. Единство генетического кода водоемов обусловлено спецификой ландшафта. Участок палеодолины Камы и все сопредельные гидравлически связанные между собой водоемы камского бассейна расположены в пределах динамичной геоморфологической платформы Прикамского глубинного разлома прямо над зоной выклинивания вершины Сарайлинского авлакогена. Течение Камы в рассматриваемом широтном диапазоне стремится к базису эрозии и сильно меандрирует, обуславливая тем самым множественные

трансформации тальвега с образованием отсеченных старичных озер, принадлежность к классификации которых определяется местоположением, гидравлической зависимостью от водных ресурсов материнской реки, формой котловины, обычно повторяющей контуры бывшего течения, располагающиеся вдоль современного речного русла и имеющие, как правило, вытянутую конфигурацию ложа. Рассматриваемый тип водоемов представляется одним из самых морфометрически нестабильных гидрографических объектов. Трансформация происходит в очень короткие по географическим меркам сроки. Только за последние 60 лет (не сотни и не тысячи лет, а лишь десятки!) озеро Соболеково уже соединилось с озером Каракуль и протокой Кривель, образовав единое сложнолопастное образование, с общей площадью поверхности водного зеркала 1,71 км², сегодня именуемое озером Каракуль, что лишней раз является доказательством нестабильности пойменных водоемов во времени и их крайней уязвимости от факторов внешнего воздействия [20].

Протока Кривель (Кривая) благодаря специфике характера функционирования в недалеком прошлом обеспечивала поверхностную связь озерной системы с материнской рекой в период половодья. Построенная после высокого половодья 1979 г. вдоль береговой линии Камы защитная дамба фактически перекрыла водообмен посредством протоки Кривель, а образовавшийся подпор воды, обусловивший подъем уровня внутренних водоемов и распространившийся на западную часть протоки, спровоцировал соединение двух отдельных стариц Каракуль и Соболеково. Названия их остаются независимыми, но в базу данных водных объектов Республики Татарстан в 2008 г. внесена поправка – «Соболеково (+Каракуль)». Итак, поскольку водообмен между Камой и озерами Соболеково и Каракуль посредством Протоки Кривель в настоящее время нарушен, а диффузного подземного проникновения камских вод недостаточно, потерявшая проточность Протока Кривель перестала котироваться самостоятельным водотоком. Кроме того, наметилась тенденция обмеления всех озер Соболевской системы, самые мелкие из них начали интенсивно заболачиваться, залужаться и в конечном итоге застраиваться. 60% рассматриваемой территории озер пойменного участка Камы принадлежит частному

сектору, состоящему на сегодняшний день из 35000 землевладельцев. Предположительно каждым пользователем земли оборудована скважина безвозвратной добычи грунтовых или подрусловых вод, что подразумевает нарушение режима подземного питания внутритерриториальных водоемов, способствуя их обмелению, поскольку вода, поднятая на поверхность, уходит преимущественно на испарение. Таким образом, в перспективе участок палеодолины Камы под системой Соболевских озер будет обезвожен. Ускоренное осушение данной ландшафтной зоны в большей степени, чем палеодолины Волги, происходит таким образом под воздействием не естественно-географических, а антропогенных факторов.

Применяемая в XX и в начале XXI в. методология индуктивных локальных исследований, когда каждый водоем рассматривали как отдельную изолированную природную систему, не давала объективной картины экологической ситуации и приводила к иллюзорному прогнозу и надеждам на возможность сохранения отдельных озер, без учета гидравлических связей. Появившиеся сегодня возможности дешифровки поверхности Земли по космическим снимкам, обеспеченной возможностями проведения геоинформационного анализа в рамках ГИС значительно расширили возможности дедуктивных подходов. Пространственный анализ однотипных ландшафтных топографических единиц позволяет получить исключительно объективную оценку экологической обстановки. Результаты показывают, что близкородственные водоемы палеодолины Волги обречены на деградацию в первую очередь по физико-географическим законам. Изменяющийся базис эрозии гравитационно-зависимой большой дрены Волжского течения Куйбышевского водохранилища способствует перемещению вслед за собой подрусловых и поддолинных вод, что неизменно приведет к передислокации водоносных горизонтов, дальнейшему обезвоживанию палеодолины, образованию новых прирусловых террас и иссушению находящихся на ее поверхности озер. Фиксирующиеся случаи исчезновения озер послужат индикатором скорости процесса изменения характера формирования поверхностного стока на отдельных ландшафтных территориях. Геолого-географические преобразования неизбежны, но в естественно-природной среде

могут быть пролонгированы во времени на сотни лет. Антропогенное воздействие ускоряет процесс деградации водоемов.

Список литературы

1. Петрова Е.В. Перестройка речной сети и направленность смещения водоразделов в пределах территории Республики Татарстан в четвертичное время // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2019. Т. 29, № 2. С. 252–257.
2. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Павлова О.В., Валетдинов А.Р. Динамика изменения характера формирования поверхностного стока региона Западное Предкамье Республики Татарстан // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 1–2 (55). С. 29–37.
3. Адельнин А.Б., Нуруллин Ж.С., Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Хамидуллина А.А. Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Казани // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 1 (23). С. 168–173.
4. Петрова Д.И., Сунгагуллин Р.Х. Гидрогеохимическая характеристика подземных вод неогеновых отложений палео-Волги в пределах территории г. Казань // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2021. № 1. С. 114–123.
5. Бурдин Е.А. Долина Средней Волги: зарождение, формирование и состояние до создания Куйбышевского водохранилища // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 1 (61). С. 16–30.
6. Каштанов С.Г. Подземные воды города Казани. Казань: Изд-во КГУ, 1979. 96 с.
7. Салахиева А.И., Шайхиев И.Г., Ярошевский А.Б. Оценка антропогенного воздействия на озера Верхний, Средний и Нижний Кабан // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: сборник докладов Всероссийской научной конференции (Белгород, 23–27 октября 2023 г.). Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 46–52.
8. Никитин О.В., Латыпова В.З., Яковлева О.Г., Шагидуллин Р.Р., Иванов Д.В., Петров А.М., Тарасов О.Ю., Шагидуллина Р.А., Камалов Р.И. Обоснование природоохранных мероприятий по реабилитации и сохранению экологического благополучия озера Средний Кабан города Казани // Георесурсы. 2012. № 7 (49). С. 51–56.
9. Урбанова О.Н. Водный баланс системы озер Кабан как метод изучения их гидрологического режима // Георесурсы. 2012. № 7 (49). С. 7–10.
10. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Мутыгуллина Ю.В., Рыков Р.А., Бортникова Н.В. Лимнологический мониторинг естественно-техногенных ландшафтов Республики Татарстан // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 9–1 (48). С. 53–58.
11. Реуцкая Т.А. Анализ состояния архитектурной среды естественных гребных каналов // Вестник науки. 2023. Т. 2, № 6 (63). С. 983–993.
12. Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Валиев В.С., Александрова А.Б., Хасанов Р.Р., Шамаев Д.Е., Паймикина Э.Е., Маланин В.В., Марасов А.А. Характеристика донных отложений особо охраняемых озер Волго-Мешинского междуречья // Российский журнал прикладной экологии. 2020. № 3 (23). С. 9–16.
13. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Горбунова Ю.В., Иванов Д.В., Шагидуллин Р.Р., Минегалиева Л.М., Валетдинов А.Р., Шамаев Д.Е. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Казань: Фолиант, 2018. 512 с.
14. Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р. Динамика морфометрических показателей особо охраняемых озер Лаишевского района Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2017. № 1 (9). С. 38–43.
15. Акмалова З.Б., Мингазова Н.М., Шигапов И.С. Экологические проблемы малых озер Республики Татарстан, возникающие вследствие застройки их водосбора // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 6 (78). С. 48–52.
16. Яковкин И.Ф. Замечания, наблюдения и мысли // Заволжский муравей. 1833. № 16. С. 915.
17. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Горбунова Ю.В. Соболеково: прошлое и настоящее // Туризм и рекреация: инновации и ГИС-технологии: материалы XI Международной научно-практической конференции (Астрахань, 24–25 мая 2019 г.). Астрахань: ООО Типография «Новая Линия», 2019. С. 159–163.
18. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Горбунова Ю.В., Бортникова Н.В. О необходимости системного подхода в исследованиях аквально-лимнологических комплексов // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы II Международной конференции (Казань, 19–24 мая 2019 г.). Ч. 1. Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2019. С. 51–55.
19. Никитин О.В., Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Потапов К.О., Лялин С.А. Морфометрическая характеристика озера Соболековское (Республика Татарстан) // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: материалы II Международной конференции (Казань, 19–24 мая 2019 г.). Ч. 1. Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2019. С. 304–308.
20. Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р., Кузнецова А.В. Изменение морфометрических показателей озера Ковалинское в условиях антропогенной нагрузки // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Киров, 1 декабря 2022 г.). Киров: Вятский государственный университет, 2022. С. 25–28.