16+

ISSN 2077-6322 (print)

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В. Н. ТАТИЩЕВА

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

GEOLOGY, GEOGRAPHY AND GLOBAL ENERGY

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук по отраслям:
25.00.01 – Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки);
1.6.6 – Гидрогеология (геолого-минералогические науки);
1.6.12 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки);
1.6.15 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель (географические науки);
1.6.17 – Океанология (геолого-минералогические науки);
1.6.21 – Геоэкология (географические науки);
1.6.21 – Геоэкология (геолого-минералогические науки).

According to the solution of the Highest certifying commission the "Geology, Geography and Global Energy" journal is included in the List of the conducting reviewed scientific journals and editions in which the main scientific results of theses on competition of an academic degree of the doctor and candidate of science have to be published.

2024. № 1 (92)

Астрахань
Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
2024

ББК 95:2
Г35

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
2024. № 1 (92)

Редакционная коллегия:

Главный редактор:
БАРМИН А. Н., д-р геогр. наук, профессор, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
Заместитель главного редактора:
ПОПКОВ В. И., д-р геол.-минерал. наук, профессор, Кубанский государственный университет
Ответственный секретарь:
КОЛЧИН Е. А., канд. геогр. наук, доцент, Астраханский государственный университета имени В. Н. Татищева
Члены редакционной коллегии:
Анисимов Л. А., д-р геол.-минерал. наук, профессор, Волгоградский государственный университет;
Бузмаков С. А., д-р геогр. наук, профессор, Пермский государственный национальный исследовательский университет;
Валов М. В., канд. геогр. наук, доцент, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева;
Великородов А. В., д-р хим. наук, профессор, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева;
Гончаренко О. П., д-р геол.-минерал. наук, профессор, Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского;
Колбовский Е. Ю., д-р геогр. наук, профессор, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова;
Корнилов А. Г., д-р геогр. наук, профессор, Белгородский государственный национальный исследовательский университет;
Кулик К. Н., д-р сельхоз. наук, профессор, академик РАН, Волгоградский государственный университет;
Левыкин С. В., д-р геогр. наук, профессор, Институт степи Уральского отделения РАН, г. Оренбург;
Лихтер А. М., д-р техн. наук, профессор, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева;
Луговской А. М., д-р геогр. наук, профессор, Московский государственный университет геодезии и картографии;
Милинчич М. А., д-р геогр. наук, ординарный профессор, Белградский университет, директор Центра Русского географического общества в Сербии;
Пьянков С. В., д-р геогр. наук, профессор, Пермский государственный национальный исследовательский университет;
Розенберг Г. С., д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН, Институт экологии Волжского бассейна РАН;
Селезнев А. А., канд. геол.-минерал. наук, доцент, Институт промышленной экологии УРО РАН;
Сианисян Э. С., д-р геол.-минерал. наук, профессор, Южный федеральный университет;
Тишков А. А., д-р геогр. наук, проф., чл.-корр. РАН, Институт географии РАН;
Трофимов В. Т., д-р геол.-минерал. наук, профессор, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова;
Тырков А. Г., д-р хим. наук, профессор, Астраханский государственный университета имени В. Н. Татищева;
Чеснокова И. В., д-р геол.-минерал. наук, профессор, Институт водных проблем РАН;
Чибилев А. А., д-р геогр. наук, профессор, академик РАН, Институт степи Уральского отделения РАН;
Шагин С. И., д-р геогр. наук, профессор, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова

ISSN 2077-6322 (print)

Рецензируемый журнал «Геология, география и глобальная энергия» публикует теоретические, обзорные, а также экспериментально-исследовательские статьи по проблемам геологии, географии, истории становления этих наук, краткие сообщения и информацию о новых методах экспериментальных исследований, а также работы, освещающие современные технологии поиска и разработки полезных ископаемых и др.

Журнал публикует информацию о юбилейных датах, новых публикациях издательства университета по геологии и географии, информацию о предстоящих и прошедших научных конференциях, симпозиумах, съездах.

Журнал адресован российским и зарубежным ученым, докторам, аспирантам и всем интересующимся достижениями естественных наук в России и за рубежом.

Журнал «Геология, география и глобальная энергия» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Регистрационный номер ПИ № ФС 77-32762 от 08.08.2008.

При цитировании ссылка на журнал «Геология, география и глобальная энергия / Geology, geography and global energy» обязательна.

Ответственность за содержание статей несут авторы. Статьи выражают точку зрения автора, с которой редколлегия может не соглашаться.

Все материалы, поступающие в редколлегию журнала, проходят независимое рецензирование.

Журнал основан в январе 2001 года. Журнал выходит 4 раза в год.

Геология, география и глобальная энергия / Geology, Geography and Global Energy. 2024. № 1 (92).

Адрес редакции:
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а
Тел.: +7 (908) 618-41-96,
E-mail: abarmin60@mail.ru
E-mail: Geologi2007@yandex.ru
сайт: https://geo.asu.edu.ru/

© Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, 2024

Recommended for publication by the Editorial and Publishing Council
Astrakhan Tatishchev State University

GEOLOGY, GEOGRAPHY AND GLOBAL ENERGY

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL
2024. No. 1 (92)

Editorial Board:

Editor-in-Chief:
BARMIN A. N., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Astrakhan Tatishchev State University
Deputy Editor-in-Chief:
POPKOV V. I., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Kuban State University
Executive Secretary:
KOLCHIN E. A., Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Astrakhan Tatishchev State University;
Members of the Editorial Board:
Anisimov L. A., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Volgograd State University;
Buzmakov S. A., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Perm State National Research University;
Valov M. V., Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Astrakhan Tatishchev State University;
Velikorodov A. V., Doctor of Sciences (Chemical), Professor, Astrakhan Tatishchev State University;
Goncharenko O. P., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky;
Kolbovsky E. Yu., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Lomonosov Moscow State University;
Kornilov A. G., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Belgorod State National Research University;
Kulik K. N., Doctor of Sciences (Agricultural), Professor, Academician of the RAS, Volgograd State University;
Levykin S. V., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Institute of Steppe of the Ural Branch of the RAS, Orenburg;
Lichter A. M., Doctor of Sciences (Technical), Professor, Astrakhan Tatishchev State University;
Lugovskoy A. M., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Moscow State University of Geodesy and Cartography;
Milincic M. A., Doctor of Sciences (Geographical), Professor Emeritus, University of Belgrade, Director of the Center of the Russian Geographical Society in Serbia;
Pyankov S. V., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Perm State National Research University;
Rosenberg G. S., Corresponding Member of the RAS, Doctor of Sciences (Biological), Professor, Institute of Ecology of the Volga basin of the RAS;
Seleznev A. A., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor, Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the RAS;
Sianisyan E. S., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Southern Federal University;
Tishkov A. A., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Corresponding Member of the RAS, Institute of Geography of the RAS;
Trofimov V. T., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, M. V. Lomonosov Moscow State University;
Tyrkov A. G., Doctor of Sciences (Chemical), Professor, Astrakhan Tatishchev State University;
Chesnokova I. V., Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Institute of Water Problems of the RAS;
Chibilev A. A., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Academician of the RAS, Institute of Steppe of the Ural Branch of the RAS;
Shagin S. I., Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov

ISSN 2077-6322 (print)

The peer-reviewed journal "Geology, Geography and Global Energy" publishes theoretical, review, as well as experimental research articles on the problems of geology, geography, the history of the formation of these sciences, brief reports and information on new methods of experimental research, as well as works highlighting modern technologies for the search and development of minerals, etc.

The journal publishes information about anniversaries, new publications of the University's publishing house on geology and geography, information about upcoming and past scientific conferences, symposiums, and congresses.

The journal is addressed to Russian and foreign scientists, doctors, postgraduates and anyone interested in the achievements of natural sciences in Russia and abroad.

The journal "Geology, Geography and Global Energy" is registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications. Registration number PI No. FS 77-32762 from 08.08.2008.

When quoting, a reference to the journal “Geology, Geography and Global Energy” is required.

The authors are responsible for the content of the articles. The articles express the author's point of view, which the editorial board may disagree with.

All materials submitted to the editorial board of the journal are independently censored.

The journal was founded in January 2001. The journal is published 4 times a year.

Geologiya, geografiya and globalnaya energiya / Geology, Geography and Global Energy. 2024. No. 1 (92).

Editorial office address:
20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056
Tel.: +7 (908) 618-41-96,
E-mail: abarmin60@mail.ru
E-mail: Geologi2007@yandex.ru
Website: https://geo.asu.edu.ru/

© Astrakhan Tatishchev State University, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Картоев М.-А. М., Абуталиева И. Р., Серебряков А. О.
Решение проблемы снижения приемистости водонагнетательных скважин путём применения энзимной кислотной обработки с использованием состава “Smartflow” для поддержания пластового давления при эксплуатации скважин на месторождении В. Филановского 8

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Валов М. В., Бармин А. Н., Беляев Д. Ю., Колчин Е. А.
Орнитофауна неохотничьих видов Астраханской области: аннотированный список 14
Васильев В. А., Реснянская А. С.
Оценка влияния географического положения региона на фракционирование изотопов $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ в премиальных растительных маслах 32
Великородов А. В., Носачев С. Б., Тырков А. Г., Ковалев В. Б.
Аккумулирование тяжёлых металлов в дельтовой части реки Волги тростником южным (*Phragmites australis L.*) 40
Лиев К. Б., Кущев С. А.
Результаты противоградовой защиты на территории Центрального Кавказа 45
Наполов О. Б., Кулаков А. П.
Мониторинг биоразнообразия наземных экосистем в районе разработки нефтегазоконденсатных месторождений Западной Сибири 52

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Глушков И. Н., Герасименко И. В., Бунделева А. А., Бибарсов В. Ю., Бабенышева Н. В., Зубцова А. Н.
Специфика реестровых ошибок в сведениях Единого государственного реестра недвижимости и способы их исправления 59
Занозин В. В., Бармин А. Н., Занозин В. В., Валов М. В., Занозина Е. В.
Применение данных дистанционного зондирования Земли для анализа особенностей сельскохозяйственного использования геосистем ландшафта дельты Волги 65
Каверин А. В., Храмова А. А., Шаров В. Д., Шиляев И. И.
Агролесомелиорация в Мордовии как средство адаптации к изменению климата (в свете научного наследия В. В. Докучаева и Г. Г. Данилова) 75
Терехова М. В.
Оценка воздействия на окружающую среду «Ялтинского горно-лесного природного заповедника» 81

ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Джигола Л. А., Сютова Е. А.
Диффузионные особенности транспорта ионов меди (II) в сорбционной системе «модельный раствор – сорбент естественного происхождения» 87
Диулин В. Д., Сергеев А. О., Бармин А. Н.
Анализ использования методов биологической очистки сточных вод на территории Российской Федерации 94

Колбовский Е. Ю.
Мирэкология: геоэкологические аспекты устройства и функционирования современной Миросистемы 101
Лигидов Р. М., Таппасханова Е. О, Али Хейтам Нассер Аввад
Геоэкологические проблемы Приэльбрусья 127
Щепетова Е. В., Абдурахманова Н. М.
Влияние техногенной нагрузки на биохимические показатели растений 134

ГЕОЭКОЛОГИЯ
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Малюгин Д. В., Петров Ю. В.
Организация производственного экологического мониторинга над обращением с буровыми отходами на основе применения материалов дистанционного зондирования Земли 140

АННОТАЦИЯ 145

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА 146

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ 152

CONTENTS

GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY
(GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

Kartoev M.-A. M., Abutalieva I. R., Serebryakov A. O.
Solving the problem of reducing the injectivity of water injection wells
by using enzymatic acid treatment using the "Smartflow" composition
to maintain reservoir pressure during the operation of wells at the V. Filanovsky field 8

PHYSICAL GEOGRAPHY AND BIOGEOGRAPHY, GEOGRAPHY OF SOILS
AND GEOCHEMISTRY OF LANDSCAPES (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

Valov M. V., Barmin A. N., Kolchin E. A., Belyaev D. Yu.
Ornithofhauna of non-game species of the Astrakhan region: annotated list 14
Vasiliev V. A., Resnyanskaya A. S.
Assessment of the impact of the region geographical position
on the fractionation of isotopes $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ in premium vegetable oils.....32
Velikorodov A. V., Nosachev S .B., Tyrkov A. G., Kovalev V. B.
Accumulation of heavy metals in the delta of the Volga River
by southern reed (*Phragmites australis L.*) 40
Liev K. B., Kushchev S. A.
Results of anti-hail protection on the central Caucasus territory.....45
Napolov O. B., Kulakov A. P.
Biodiversity monitoring of terrestrial ecosystems in the area of development
of gas fields in Western Siberia 52

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING
(GEOGRAPHICAL SCIENCES)

Glushkov I. N., Gerasimenko I. V., Bundeleva A. A., Bibarsov V. Yu.,
Babenysheva N. V., Zubtsova A. N.
Specifics of registry errors in the information of the Unified State Register o
f Legal Entities and ways to correct them 59
Zanozin V. V., Barmin A. N., Zanozin V. V., Valov M. V., Zanozina E. V.
A remote sensing approach for agricultural analysis
of the Volga river landscape geosystem.....65
Kaverin A. V., Khramova A. A., Sharov V. D., Shilyaev I. I.
Agroforestry in Mordovia as a means of adaptation to climate change
(in the light of the scientific heritage of V. V. Dokuchaev and G. G. Danilov) 75
Terehova M. V.
Environmental impact assessment "Yalta Mountain-Forest Nature Reserve":
problems and solutions 81

GEOECOLOGY
(GEOGRAPHICAL SCIENCES)

Dzhigola L. A., Syutova E. A.
Diffusion features of transport of copper (II) ions in the sorption system
"model solution – sorbent of natural origin".....87
Diulin V. D., Sergeev A. O., Barmin A. N.
Analysis of methods of biological wastewater treatment
in the territory of the Russian Federation.....94

Kolbovsky E. Yu.
World-ecology: geo-ecological aspects
of modern World-system structure and functioning 101
Ligidov R. M., Tappaskhanova E. O., Ali Haytham Nasser Awwad
Geoecological problems of the Elbrus region 127
Schepetova E. V., Abdurakhmanova N. M.
Impact of man-made load on biochemical parameters of plants..... 134

GEOECOLOGY
(GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

Malyugin D. V., Petrov Yu. V.
Organization of industrial environmental monitoring
over the management of drilling waste in LLC RN-Uvatneftegaz
based on the use of Earth remote sensing materials 140

ABSTRACT 145

RULES FOR AUTHORS 146

ORDER OF REVIEWING 152

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 8–13.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):8–13 (In Russ.).

Научная статья
УДК 622.276
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_8

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ПРИЕМИСТОСТИ ВОДОНАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЗИМНОЙ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОСТАВА “SMARTFLOW” ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИИ им. В. ФИЛАНОВСКОГО

Картоев Магомед-Амин Микаилович[1]✉, Абуталиева Ильмира Растямовна[2], Серебряков Андрей Олегович[3]
[1,2]Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия
[3]Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
[1]ma.kartoev@mail.ru✉
[2]ilmira171279@mail.ru
[3]sereb5@mail.ru

Аннотация. Эта статья посвящена проблеме снижения приемистости водонагнетательных скважин на месторождении имени В. Филановского. Это вызвано загрязнением призабойной зоны пласта, включая механические примеси и нефтепродукты, которые невозможно полностью исключить. В данной статье проведен анализ различных причин снижения приемистости, включая высокое содержание парафина в нефти, что снижает фильтрационные свойства пористой среды. Также исследуется влияние карбонатных компонентов и терригенных коллекторов на эффективность кислотной обработки призабойной зоны. Для решения этой проблемы предлагается применение энзимной кислотной обработки с использованием состава “SmartFlow”, который образуется непосредственно в пласте через управляемую химическую реакцию. Этот метод обладает множеством преимуществ, включая возможность прокачки интенсификационной жидкости вглубь пласта, отсутствие коррозии оборудования и гибкость в выборе концентрации образующихся кислот. Этот подход представляет собой перспективное решение для увеличения добычи нефти на месторождении имени В. Филановского и может быть применим в схожих ситуациях в нефтяной промышленности.

Ключевые слова: заводнение, пластовое давление, приемистость, призабойная зона пласта, солянокислотная обработка

Для цитирования: Картоев М.-А. М., Абуталиева И. Р., Серебряков А. О. Решение проблемы снижения приемистости водонагнетательных скважин путем применения энзимной кислотной обработки с использованием состава “Smartflow” для поддержания пластового давления при эксплуатации скважин на месторождении В. Филановского // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 8–13. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_8.

SOLVING THE PROBLEM OF REDUCING THE INJECTIVITY OF WATER INJECTION WELLS BY USING ENZYMATIC ACID TREATMENT USING THE "SMARTFLOW" COMPOSITION TO MAINTAIN RESERVOIR PRESSURE DURING THE OPERATION OF WELLS AT THE V. FILANOVSKY FIELD

Magomed-Amin M. Kartoev[1]✉, Ilmira R. Abutalieva[2], Andrey O. Serebryakov[3]
[1,2]Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia
[3]Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
[1]ma.kartoev@mail.ru✉
[2]ilmira171279@mail.ru
[3]sereb5@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the problem of reduced injectivity of water injection wells at the Filanovsky field. This is caused by contamination of the bottomhole formation zone, including mechanical impurities and oil products, which cannot be completely eliminated. This article analyzes various causes of reduced injectivity, including high paraffin content in oil, which reduces the filtration properties of the porous medium.

© Картоев М.-А. М., Абуталиева И. Р., Серебряков А. О., 2024.

The influence of carbonate components and terrigenous reservoirs on the efficiency of acid treatment of the bottomhole zone is also investigated. To solve this problem, enzymatic acid treatment using "SmartFlow", which is formed directly in the formation through a controlled chemical reaction, is proposed. This method has many advantages, including the ability to pump the stimulation fluid deep into the formation, no corrosion of equipment and flexibility in selecting the concentration of acid to be formed. This approach represents a promising solution for increasing oil production at the Filanovsky field and can be applied in similar situations in the oil industry.

Keywords: waterflooding, reservoir pressure, injectivity, bottomhole formation zone, hydrochloric acid treatment

***For citation*:** Kartoev M.-A. M., Abutalieva I. R., Serebryakov A. O. Solving the problem of reducing the injectivity of water injection wells by using enzymatic acid treatment using the "Smart-flow" composition to maintain reservoir pressure during the operation of wells at the V. Filanovsky field. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):8–13. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_8 (In Russ.).

В настоящее время актуальны проблемы разработки нефтяных месторождений с применением заводнения. Вода является важнейшим вытесняющим, замещающим нефть агентом.

Опыт разработки нефтяных месторождений с применением заводнения показывает, что нагнетание воды в пласт не только увеличивает темпы разработки, но и обеспечивает наибольший коэффициент нефтеотдачи – 50−60 % от начальных запасов.

Пласты имеют высокую неоднородность пористости и проницаемости, что делает невозможным вытеснение нефти из участков с низкой проницаемостью, особенно если путь для закачиваемой воды блокируют засоренные частицами зоны пласта. Наличие загрязнений, таких как твердые взвешенные частицы (ТВЧ) и нефть, в закачиваемой в пласт воде приводит к ряду негативных последствий, включая засорение зоны нагнетательных скважин, снижение их производительности и закупорку поровых каналов, через которые вода поступает в продуктивные пласты.

На данный момент на месторождении им. В. Филановского наблюдается постепенное снижение пластового давления в неокомской залежи ввиду невыполнения плана по закачке воды из-за снижения приемистости водонагнетательных скважин.

В связи с этим актуальным является вопрос повышения приемистости водонагнетательных скважин месторождения им. В. Филановского посредством эффективного растворения и диспергирования техногенных загрязнений, нефтесодержащих примесей в призабойной зоне пласта.

Некоторые месторождения содержат нефть с высоким содержанием парафина, который кристаллизуется при температуре, близкой к температуре пласта (60–70° С) [7]. При закачке холодной воды под такими условиями парафин может выделяться из раствора в нефть, что приведет к ухудшению фильтрационных свойств пористой среды и снижению производительности скважин [1]. Даже небольшие изменения температуры могут нарушить равновесие в таких многокомпонентных системах, как нефть. Для предотвращения образования парафина при внутриконтурном заводнении необходимо закачивать «горячую воду».

Однако чаще всего снижение приемистости водонагнетательных скважин при различных типах закачки воды происходит из-за загрязнения призабойной зоны пласта. А причиной этому служит содержание в закачиваемой воде механических примесей и нефтепродуктов, которые не получается в полной мере исключить.

Присутствие загрязнений в воде, которая подается в пласт, в виде ТВЧ и нефти, может вызвать ряд негативных последствий. Одним из наиболее серьезных является засорение призабойной зоны нагнетательных скважин, что приводит к уменьшению их производительности, а также закупорке поровых каналов, через которые вода проникает в продуктивные пласты. Загрязнение рабочего агента, используемого для поддержания пластового давления в продуктивных пластах, приводит к постепенному снижению производительности нагнетательных скважин и, в конечном итоге, к потере добычи нефти. При закачке в пласт воды с различным содержанием нефтепродуктов и твердых взвешенных частиц происходит загрязнение как перфорационных отверстий, так и пористой среды, что увеличивает нефтенасыщенность призабойной зоны пласта нагнетательной скважины. Для улучшения фазовых проницаемостей для воды необходимо снижать эту нефтенасыщенность.

При разработке месторождения им. В. Филановского в аппаратах установки подготовки нефти (УПН) существует проблема образования значительного количества промежуточного слоя (рис. 1). На сегодняшний день проблемы, связанные с промежуточными слоями, не решены в полной мере и требуют дополнительных исследований.

Рисунок 1 – Промежуточный слой

С увеличением обводненности продукции добывающих скважин и увеличением объема химических реагентов, применяемых при подготовке нефти и воды, а также для интенсификации добычи на месторождение, повышается устойчивость нефтяных эмульсий. Накопление их в емкостном оборудовании чревато снижением качества товарной продукции. Эмульсии не могут быть разрушены в промысловых условиях (требуют длительного нагрева и отстаивания, обработки высокими дозами деэмульгатора, центрифугирования, фильтрации), в результате чего они накапливаются, их утилизация представляет серьезную проблему.

Задача воздействия на ПЗП может свестись к трем причинам: воздействию на породы; воздействию на флюиды в ПЗП; удалению продуктов коррозии. Первая задача может решаться путем воздействия на ПЗП кислотами, а вторая – растворителями, третья – комбинированным воздействием первых двух. Могут быть при этом выбраны комбинированные методы воздействия и для решения первой задачи, например, «растворитель – соляная кислота», «растворитель – ПАВ – соляная кислота». В этом случае обработка ПЗП предварительно растворителем очищает и увеличивает контактную поверхность породы, занятой АСПО, для дальнейшего кислотного воздействия.

Наиболее широко для обработки карбонатных коллекторов используется соляная кислота. Преимуществами соляной кислоты являются относительно невысокая стоимость и широкая доступность.

К недостаткам относится высокая скорость реакции с породой при пластовых температурах, которая не позволяет кислоте проникнуть глубоко в пласт, высокая скорость коррозии стали, приводящая к преждевременному износу оборудования, образование осадков при контакте с пластовыми флюидами, а также вторичное осадкообразование с ионами трехвалентного железа и высокое межфазное натяжение кислотных составов на границе с углеводородной фазой.

Скорость реакции соляной кислоты с карбонатной породой сильно возрастает при повышении температуры реакции.

Соляная кислота взаимодействует только с карбонатными компонентами, не вступая в реакцию с основной массой породы терригенного коллектора. Терригенный коллектор взаимодействует с плавиковой и грязевой кислотами.

В отличие от традиционных методов кислотной обработки призабойной зоны пласта, при которых в пласт закачивается готовая кислота, при энзимной кислотной обработке используется кислотный состав «SmartFlow»: в пласт не закачивается кислота, она образуется непосредственно в пласте в результате управляемой химической реакции. Этот подход позволяет добиться более точного воздействия на ПЗП – реагент можно активировать в ключевой момент времени и при необходимой температуре.

SmartFlow представляет собой двухкомпонентную систему, предназначенную для проведения кислотных обработок как карбонатных, так и терригенных коллекторов.

При данном методе обработки ПЗП непосредственно перед закачкой готовится состав из сложного эфира и катализатора – энзима. Таким образом, кислота активируется прицельно – реагент вступает в активную фазу в зависимости от температуры и точечно воздействует на целевое место (рис. 2). «Старт» активной фазы (образование муравьиной и плавиковой кислот) обусловлен исходной пропорцией реагента.

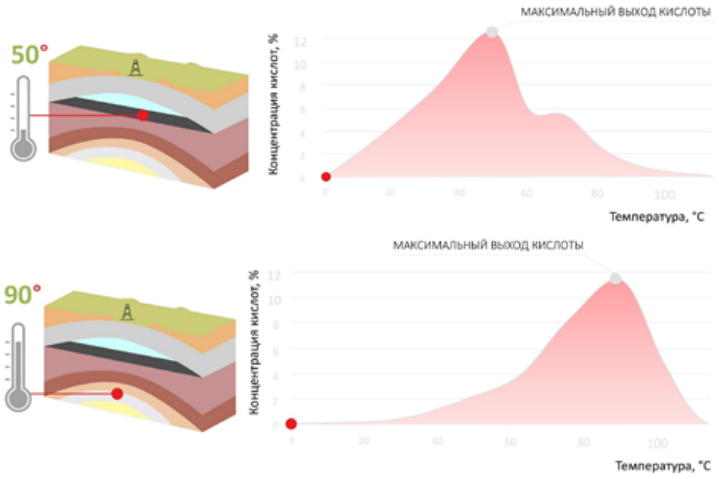


Рисунок 2 – Активная фаза кислотного состава Smart-flow

Таким образом, данный энзимный состав можно закачать вглубь пласта до 200 м, в отличие от малого проникновения других кислотных составов из-за мгновенного вступления в реакцию с породой. А это имеет высокую ценность, так как при обработке терригенных пластов важным аспектом является вытеснение прореагировавшей кислоты вглубь пласта, для того чтобы продукты реакции были удалены как можно дальше от ПЗП. При этом стоит отметить, что степень кольматации при энзимной кислотной обработке снижена до 75 %.

При обработке ПЗП на месторождении им. В. Филановского основной задачей является селективное воздействие на ПЗП путем обработки растворителем НЕФРАС-М и кислотным составом «SmartFlow» в интервале установки фильтров.

Действие растворителя в пласте сопровождается образованием взвеси из диспергируемой колматационной составляющей и требует отработки продуктов реакции на поверхность непосредственно после продавки раствора подтоварной водой, с выдержкой на реакцию. Требуется обеспечить отработку скважины на поверхность с максимально возможной депрессией (для этого необходимо смонтировать две 2″ линии до манифольда освоения, одна – с промывочной, вторая линия – с буфера скважины) на пласт для обеспечения выноса нерастворимого осадка и продуктов реакции. Отработку (очистку) скважины после закачки растворителя необходимо производить до выхода чистового пластового флюида. Исходя из месторасположения месторождения им. В. Филановского, нужно еще и учитывать свободный объем судов/танкеров, предназначенных для приема жидкости, с обеспечением непрерывного процесса работы.

Для проведения работ по традиционной кислотной обработке ПЗП необходимы следующие оборудования и материалы:

– цементировочный насосный агрегат высокого давления;
– кран для погрузочно-разгрузочных работ;
– трубы высокого давления условным диаметром 60 мм с толщиной стенки 5 мм, с быстроразъемными соединениями (БРС) в необходимом количестве;
– ответные фланцы на фонтанную арматуру, манифольды, нагнетательные линии;
– емкость освоения для приема скважинной жидкости;
– емкости затворения для приготовления жидкости продавки;
– емкости кислотостойкие для приготовления кислотного раствора и растворителя;
– опресненная техническая вода для приготовления составов обработок;
– подтоварная вода для продавки рабочего раствора в пласт и проведения нагнетальных тестов;
– насос для подачи концентрированной соляной кислоты и других химических реагентов;
– дозировочный насос для приготовления жидкостей обработки и подачи в емкости приготовления;
– манифольд низкого давления;
– комплект шлангов низкого давления для обвязки;
– химические реагенты для проведения обработки;
– кислотостойкие СИЗ;

– нейтрализатор кислоты (кальцинированная сода).

В сравнении с ранее проведенными СКО, для обработки ПЗП энзимной кислотой не требуется кислостойкая техника и специальная транспортировка кислотного состава. Кислостойкие емкости небольшого объема нужны только для приготовления взаимного растворителя.

Компоненты системы SmartFlow смешиваются непосредственно на скважине перед проведением работ и закачиваются в скважину. Под действием температуры обрабатываемого коллектора инициируется реакция с образованием кислот, которые, в свою очередь, осуществляют протравку породы.

В связи с тем, что исходные закачиваемые компоненты системы не являются коррозионными, можно выделить следующие принципиальные преимущества технологии:

– возможность прокачки интенсификационной жидкости вглубь пласта;
– для работы с данной системой не требуется наличие спецоборудования;
– не происходит коррозионного разрушения устьевого и внутрискважинного оборудования;
– снижается риск выпадения нерастворимых осадков и кольматации пласта;

а также такие свойства, как:

– возможность подбора системы под температуру и тип коллектора;
– возможность настройки времени задержки реакции;
– возможность обработки терригенных и карбонатных коллекторов;
– возможность выбора концентрации образующихся кислот;
– широкий температурный диапазон от 40 до 100 °С;

Таким образом, при проведении работ по обработке ПЗП отсутствует коррозия оборудования и необходимость в закупе ингибиторов коррозии. Ввиду возможности регулирования активностью кислоты и вследствие большего проникновения кислотного состава в пласт повышается эффективность ОПЗП и отсутствует необходимость в частом ее проведении.

Список литературы

1. Глущенко В. Н., Силин М. А. Кислотная обработка скважин. Москва: Интерконтакт Наука, 2010. 684 с.
2. Токунов В. И., Саушин А. З. Технологические жидкости и составы для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин. Москва: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. 711 с.
3. Хакимов А. А., Саттаров Р. И., Качурин А. В. Повышение эффективности кислотных обработок скважин химическими методами // Нефтяное Хозяйство. 2011. № 11. С. 106–107.
4. Харисов Р. Я., Шарифуллин А. Р., Телин А. Г., Загуренко А. Г. Факторы, влияющие на эффективность кислотной стимуляции скважин в карбонатных коллекторах // Научно технический вестник ОАО «НК «Роснефть». 2007. № 1. С. 18–24.
5. Daccord G., Toubouli E. and Lenormand R. Carbonate Acidizing: Toward a Quantitative Model of the Wormholing Phenomenon // SPE production engineering. 1989. P. 63–68.
6. Erasmus Nnanna, Michael Osuagwu. Important Considerations in Matrix Sti-mulation Candidate Selection in Niger Delta // Paper SPE 128604. 2009.
7. Остроухов С. Б. Строение и формирование залежей углеводородов месторождения им. В. Филановского / С. Б. Остроухов, В. А. Бочкарев // Нефтепромысловое дело. 2010. № 2. С. 8–16.
8. Силин М. А., Магадова Л. А., Мариненко В. Н., Пахомов М. Д., Давлетшина Л. Ф., Ефанова О. Ю., Мишкин А. Г. Проблемы, возникающие при кислотных обработках добывающих и нагнетательных скважин. Технологические жидкости для решения этих проблем // Нефтепромысловое дело. 2009. № 2. – С. 26–30.

References

1. Glushchenko V. N., Silin M. A. *Acid treatment of wells.* Moscow: Intercontact Science; 2010:684. (In Russ.)
2. Tokunov V. I., Saushin A. Z. *Technological fluids and compositions for increasing productivity of oil and gas wells.* Moscow: Nedra-Business Center; 2004:711 (In Russ.)
3. Khakimov A. A. Sattarov R. I., Kachurin A. V. Increasing the efficiency of acid treatments of wells by chemical methods. Oil Inndustry. 2011; 11:106–107 (In Russ.)
4. Kharisov R. Ya., Sharifullin A. R., Telin A. G., Zagurenko A. G. Factors influencing the efficiency of acid stimulation of wells in carbonate reservoirs. Scientific and Technical Bulletin of OAO NK Rosneft. 2007; 1:18–24 (In Russ.)
5. Daccord G., Toubouli E. and Lenormand R. Carbonate Acidizing: Toward a Quantitative Model of the Wormholing Phenomenon. *SPE production engineering*; 1989:63–68.
6. Erasmus Nnanna, Michael Osuagwu. Important Considerations in Matrix Stimulation Candidate Selection in Niger Delta. *Paper SPE 128604*:2009.
7. Ostroukhov S. B., Bochkarev V. A. Structure and formation of hydrocarbon deposits of the Filanovsky field. V. Filanovsky. *Oilfield business*. 2010; 2:8–16 (In Russ.)
8. Silin M. A., Magadova L. A., Marinenko V. N., Pakhomov M. D., Davletshina L. F., Efanova O. Y., Mishkin A. G. Problems arising at acid treatments of producing and injection wells. Technological fluids for solving these problems. *Oilfield business*. 2009; 2:26–30 (In Russ.).

Информация об авторах

Картоев М.-А. М. – студент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;

Абуталиева И. Р. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовый месторождений»;

Серебряков А. О. – доцент кафедры географии, картографии и геологии.

Information about the authors

Kartoev M.-A. M. – student of the department “Development and operation of oil and gas fields”;

Abutalieva I. R. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor of the Department “Development and Operation of Oil and Gas Fields”;

Serebryakov A. O. – Associate Professor of the Department of Geography, Cartography and Geology.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 05.12.2023; одобрена после рецензирования 26.12.2023; принята к публикации 12.01.2024.

The article was submitted 05.12.2023; approved after reviewing 26.12.2023; accepted for publication 12.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 14–31.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):14–31 (In Russ.).

Научная статья
УДК 574.9
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_14

ОРНИТОФАУНА НЕОХОТНИЧЬИХ ВИДОВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ: АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК

Валов Михаил Викторович[1]✉, Бармин Александр Николаевич[2], Колчин Евгений Александрович[3], Беляев Даниил Юрьевич[4]
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
[1]m.v.valov@mail.ru✉
[2]abarmin60@mail.ru
[3]eakol4in@rambler.ru
[4]belaevdaniil2013@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты полевых и камеральных исследований орнитофауны неохотничьих видов на территории Астраханской области. Проведены анализ и камеральная обработка результатов полевых исследований прошлых лет; определены видовой состав и численность неохотничьих видов птиц, обитающих на территории Астраханской области; инвентаризация и анализ литературных сведений и полевых данных сезона 2023 г. о распространении и распределении, плотности населения, лимитирующих факторах обитания и природоохранном статусе птиц. Орнитофауна региона, не отнесённая к охотничьим ресурсам, характеризуется в настоящее время исключительным разнообразием: учтен 251 вид птиц, относящихся к 158 родам, 52 семействам, 16 отрядам. Из них 35 видов занесены в Красную книгу Российской Федерации, 65 видов – в Красную книгу Астраханской области.
Ключевые слова: орнитофауна, Астраханская область, мониторинг, неохотничьи виды
Для цитирования: Валов М. В., Бармин А. Н., Колчин Е. А., Беляев Д. Ю. Орнитофауна неохотничьих видов Астраханской области: аннотированный список // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 14–31. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_14.

ORNITHOFHAUNA OF NON-GAME SPECIES OF THE ASTRAKHAN REGION: ANNOTATED LIST

Mikhail V. Valov[1]✉, Alexander N. Barmin[2], Evgeniy A. Kolchin[3], Daniil Yu. Belyaev[4]
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
[1]m.v.valov@mail.ru✉
[2]abarmin60@mail.ru
[3]eakol4in@rambler.ru
[4]belaevdaniil2013@mail.ru

Abstract. The article presents the results of field and office research of the avifauna of non-game species in the Astrakhan region. Analysis and desk processing of the results of field research of past years were carried out; the species composition and number of non-game bird species living in the Astrakhan region were determined; inventory and analysis of literature and field data from the 2023 season on the distribution and distribution, population density, limiting habitat factors and conservation status of birds. The avifauna of the region, which is not classified as a hunting resource, is currently characterized by exceptional diversity: 251 species of birds belonging to 158 genera, 52 families, 16 orders have been recorded. Of these, 35 species are listed in the Red Book of the Russian Federation, 65 species are listed in the Red Book of the Astrakhan Region.
Keywords: avifauna, Astrakhan region, monitoring, non-game species
For citation: Valov M.V., Barmin A.N., Kolchin E.A., Belyaev D.Yu. Ornithofhauna of non-game species of the Astrakhan region: annotated list. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):14–31. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_14 (In Russ.).

© Валов М. В., Бармин А. Н., Колчин Е. А., Беляев Д. Ю., 2024.

Введение

Астраханская область представляет собой регион с оригинальной и богатейшей флорой и фауной, представляющий огромный биогеографический интерес. В целом территория области является единым комплексом в фауногенетическом отношении, однако в силу различий в орографии, гидрографической сети, особенностей ландшафтов и климата отдельные его части имеют свою специфику [1, 2, 9, 18].

Согласно широко распространенному зоогеографическому районированию территория Астраханской области входит в Средиземноморскую подобласть Голарктической области при тесном взаимопроникновении и влиянии с Циркумбореальной подобластью и Центрально-азиатской подобластью [7, 11, 13, 14].

Наличие различных ландшафтных образований – речных долин, озер, дельты, морского побережья, в окружении полупустынь и пустынь создают условия для жизни представителей самых различных зоогеографических типов фаун. В орнитофауне района присутствуют представители европейского, средиземноморского, монгольского и китайского фаунистических типов.

Принимая во внимание тот факт, что объекты животного мира – это ресурсы государства, они подлежат учету в соответствии со ст. 14 Закона «О животном мире» [35]. В целях обеспечения охраны и использования животного мира, сохранения и восстановления среды его обитания осуществляется государственный учет объектов животного мира и их использования.

Согласно вышеуказанной нормативно-правовой документации, государственный мониторинг объектов животного мира является частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) и представляет собой систему регулярных наблюдений за распространением, численностью, физическим состоянием объектов животного мира, их использованием, а также за структурой, качеством и площадью среды их обитания.

Государственный мониторинг объектов животного мира ведется в отношении объектов животного мира, не отнесенных к охотничьим ресурсам или водным биологическим ресурсам.

В 2023 г. авторами настоящей статьи было выполнено оказание услуг по проведению научно-исследовательских мероприятий «Проведение государственного учета, государственного мониторинга объектов животного мира (за исключением отнесенных к объектам охоты, а также водных биологических ресурсов) в части установления сведений о состоянии популяции данных видов животных и среды их обитания» для заказчика работ – Службы природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области на основании Государственного контракта № 13/2023-м от 17.03.2023 г.

Материалы и методы исследований

Задача количественного учета птиц состояла в получении данных о численности особей на исследуемой территории или в получении данных о соотношении численности основных видов.

С целью изучения состава и распределения орнитофауны неохотничьих видов различных ландшафтных зон применена система множественных локальных мест сбора биологического материала и сопутствующей специальной информации. Расположение точек полевых исследований планировали в соответствии с необходимостью успешного выполнения следующих задач:

– охват разнообразных ландшафтов, включая местности, учет орнитофауны в которых производился в достаточно отдаленное время;

– мониторинг состояния популяций указанных выше видов птиц Астраханской области, в том числе занесенных в Красную книгу Российской Федерации (2020) [17];

– установление современной численности птиц в разных частях ареала на территории области;

– выявление экологических факторов, отрицательно влияющих на распределение изучаемых представителей орнитофауны в регионе.

Критериями отбора географических пунктов и местностей для последующих экспедиционных исследований являлись:

– приемлемая доступность последующим экспедициям с целью изучения в дальнейшем изменения численности популяций;

– возможность получения данных, репрезентативных для всего ареала того или иного представителя орнитофауны на территории региона;

– наличие максимального числа видов птиц, характерных данному ландшафту (включая занесенные в Красную книгу Российской Федерации);

– расположенность вне селитебных зон и прочих схожих территорий, характеризующихся значительным антропогенным воздействием на природные экосистемы.

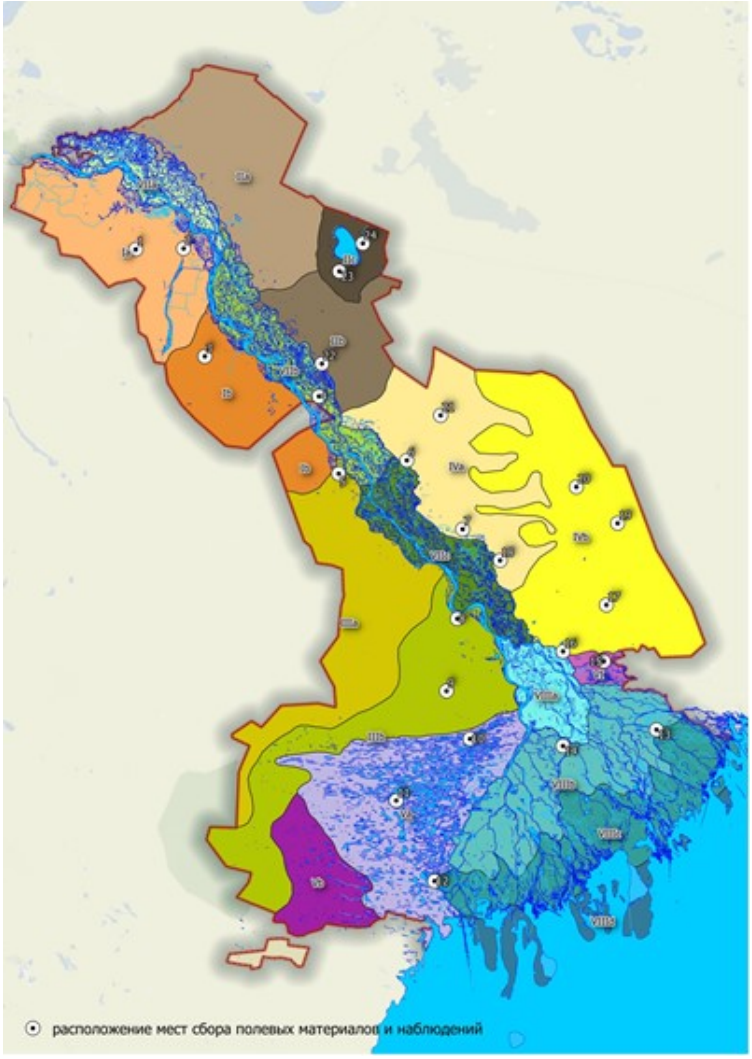


Рисунок 1 – Карта-схема мест экспедиционных исследований
в соответствии с ландшафтной дифференциацией Астраханской области

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Полупустынная зона

I. Волго-Сарпинский ландшафт
- a северный
- b южный

II. Баскунчакский ландшафт
- a северный Баскунчакский
- b южный Баскунчакский
- c Прибаскунчакский

Пустынная зона

III. Волжско-Приергенинский ландшафт
- a северный
- b южный (Астраханские пески)

IV. Волго-Уральский ландшафт
- a Харабалинско-Приахтубинский
- b Аксарайский

V. Западный ильменно-бугровой ландшафт
- a придельтовый
- b прикаспийский

VI. Восточный ильменно-бугровой ландшафт
- восточный ильменно-бугровой

Внутризональные ландшафты

VII. Волго-Ахтубинская пойма
- a северная
- b центральная
- c южная

VIII. Дельта Волги
- a северная
- b центральная
- c южная (приморская)
- d прибрежно-култучно-островная

Прочие обозначения

- расположение мест сбора полевых материалов и наблюдений

Рисунок 2 – Легенда к карте-схеме мест экспедиционных исследований
в соответствии с ландшафтной дифференциацией Астраханской области

Общая закономерность построения экспедиционных маршрутов основывалась на следующих предпосылках:

– следование из северных районов области в южные. Это позволило проследить изменение орнитофауны в соответствии со сменой типов ландшафтов. В результате сложилось целостное представление о взаимосвязи природных биоценозов внутри ландшафтных зон и на их границах;

– обследование как участков в пределах Волго-Ахтубинской поймы, (характеризующихся мезофильной флорой и фауной), так и удаленных от нее в западном и восточном направлениях территорий, где значимую долю биологического разнообразия составляют ксерофильные представители растительного и животного мира;

– прокладка маршрутов (при наличии технических возможностей) в ранее указанных другими научно-исследовательскими коллективами местах обитания видов птиц, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, или в других предполагаемых, но не отмеченных фактически, местах их обитания;

– равная интенсивность, площадь и время полевых работ в различных природных зонах области, что позволило в каждой из них уделить достаточное внимание составу, биотопическому распределению и динамике численности (на маршруте следования) изучаемых представителей орнитофауны.

Схема мест сбора полевых материалов и наблюдений отображена на рисунке 1.

Количественный учет птиц проводился главным образом маршрутным методом. При движении по маршруту подсчитывались все встреченные в полосе учета птицы по голосу или внешности. Учетные маршруты прокладывались по тропам или узким дорогам. Учет проводился ранним утром, а для некоторых видов – вечером. При контроля птиц в гнездовой период учет велся по голосам. Условно принималось, что каждый поющий самец представляет пару птиц. В гнездовый период количественный учет птиц проводился на пробных площадках в 1 га (100 х 100 м) или типичных площадках, ограниченных границами-засеками [24].

Учитываемые виды относили к одной или нескольким из следующих групп по признаку «привязанность к пространствам и территориям Астраханской области».

Гнездящиеся (ГН) – виды с доказанным в пределах области гнездованием (если наблюдалось строительство гнезд или обнаружено жилое, нежилое гнездо, или определены остатки птенцов, или отмечен молодой выводок, только покинувший гнездо и докармливаемый родителями). При невозможности осмотра гнезд вывод о гнездовании делался на основании соответствующего специфического поведения.

Зимующие (ЗМ) – не размножающиеся в регионе, но с различной степенью регулярности переживающие зиму на его территории.

Летующие (ЛТ) – не размножающиеся в регионе, но с различной степенью регулярности переживающие лето на его территории.

Пролетные (ПР) – не размножающиеся в регионе, но регулярно, на протяжении нескольких и более лет наблюдающиеся в воздушном пространстве непосредственно во время пролета стаями или поодиночке, а также задерживающиеся в области на короткое время (от нескольких дней до месяца), удовлетворяя потребность в пище и отдыхе.

Перелетные (ПРЛ) – гнездящиеся в регионе, но ежегодно подавляющим числом особей на длительный срок (месяцы) мигрирующие за его пределы в связи с сезонным изменением климата или (и) кормовой базы.

Залетные (ЗЛ) – единичные особи своего вида, нерегулярно и очень редко отмечающиеся на территории области.

Оседлые (ОС) – гнездящиеся в регионе, не покидающие его территорию.

Кочующие (КЧ) – оседлые виды, в пределах региона могущие совершать миграционные перелеты, по расстоянию превышающие типичные суточные миграции: в поисках корма, мест гнездования и т. п.

Высокое биоразнообразие птиц региона обусловливает множество типов территориального и миграционного поведения, иногда не укладывающихся в строго обозначенные рамки упомянутых выше категорий. Например, для отдельных видов возможны следующие сочетания: «ПРЛ, ЗМ» (малая часть особей из откочевывающей популяции остается на зимовку в регионе); «ПР, ГН (редко)» (отмечено гнездование у очень малой части особей пролетных птиц); «ЗЛ, ГН» (отмечено гнездование в регионе у залетных видов); «ПР, ГН, ЗМ» (очень малая часть пролетных птиц отмечена на гнездовании и зимовке в регионе); «ГН» (в отношении вида требуются дальнейшие исследования с целью установить более точную его принадлежность к группам, указанным выше). При необходимости подтверждения и проверки данных дополнительно ставился знак «?» [3, 19, 24].

Категорию редкости охраняемых видов обозначали по имеющимся стандартам (Красная книга Российской Федерации, 2020 [17]; Красная книга Астраханской Области, 2014 [16]).

Абсолютную численность обозначали с помощью шкалы, примененной ранее (I – «десятки», II – «сотни», III – «тысячи» и т. д.) и отражающей более объективную ситуацию по результатам работы, чем «точные» числовые данные. При наличии доказанных достоверных точных числовых значений абсолютной численности их указывали отдельно.

Фондовыми материалами, дополнившими полевые исследования, послужили научные труды последних и предыдущих десятилетий, в которых обобщены сведения о биологии, распространении и охране соответствующих видов птиц Астраханской области, не отнесенных к объектам охоты [3, 8, 15, 18, 25–30, 32, 36–40].

Большое внимание уделяли изучению современных работ, в которых приведена уточняющая информация по изменению ареалов отдельных видов, обнаружению новых для территории региона представителей фауны, влиянию деятельности человека на природные экосистемы [4, 5, 19, 20–23, 31, 33].

В результате были обследованы 257000 га (2570 км^2) территории Астраханской области. В совокупности с изучением фондовых материалов это позволило получить представление о современном состоянии популяций заданных объектов животного мира в масштабе региона в целом.

Результаты и их обсуждение

Орнитофауна Астраханского региона, не отнесенная к охотничьим ресурсам, характеризуется в настоящее время исключительным разнообразием: учтен 251 вид птиц, относящийся к 158 родам, 52 семействам, 16 отрядам. Из них 35 видов занесены в Красную книгу Российской Федерации (2020) [17], 65 видов – в Красную книгу Астраханской области (2014) [16].

Ниже приведен список учтенных на территории Астраханской области видов птиц, не отнесенных к охотничьим ресурсам региона (со сведениями – при наличии – о местах обитания, наибольшей численности, дат и мест встреч и др.).

Отряд Гусеобразные Anseriformes

Семейство Утиные Anatidae

1. **Чирок мраморный** *Anas angustirostris* (Menetries, 1832): ГН; 1911, 1928, 1953 гг. – дельта Волги, «под Астраханью»; 1990-е гг. – Лиманский район, подстепные ильмени; единичные встречи.

2. **Пискулька** *Anser erythropus* (Linnaeus, 1758): ПР; весенние пролеты; западный ильменно-бугровый район: в 1963–1964 гг. отмечен пролет около 95000 особей.

3. **Чернеть белоглазая (нырок белоглазый)** *Aythya nyroca* (Guldenstedt, 1770): редок; ПРЛ; дельта Волги, труднодоступные угодья, массивы тростниково-рогозовых зарослей.

4. **Лебедь малый (тундровый)** *Cygnus bewickii* (Yarrell, 1830): редок; ПР, ЗМ; западные подстепные ильмени, единичные встречи.

5. **Синьга** *Melanitta nigra* (Linnaeus, 1758): ЗЛ.

6. **Савка** *Oxyura leucocephala* (Scopoli, 1769): очень редок; ПРЛ; в последние годы сведений нет; 1968 г. – о. Чистая Банка; выводок в Ахтубинском районе.

7. **Казарка краснозобая** *Rufibrenta ruficollis* (Pallas, 1769): редок; ПР; весенний и осенний пролет, дельта Волги. Эндемик России.

Семейство Кулики-сороки Haematopodidae

8. **Кулик-сорока** *Haematopus ostralegus longipes* (Buturlin, 1910): материковый подвид: ГН; в 1960–1980 гг. находили на приканаловых островках (бровках), на о. Малый Жемчужный. Сейчас условия гнездования значительно ухудшились. Летом – на песчаных косах.

Семейство Тиркушковые Glareolidae

9. **Бегунок** *Cursorius cursor* (Latham, 1787): ЗЛ.

10. **Тиркушка степная** *Glareola nordmanni* (Nordmann, 1842): довольно редок; ГН; сырые луга возле водоемов, колониями. Отмечен у с. Курченко (1996 г.; 30 пар), сел Новоурусовка, Тузуклей, Михайловка, Боркино, Малый Ницан, Заречное, Янго-Аскер, в районе западных подстепных ильменей.

11. **Тиркушка луговая** *Glareola pratincola* (Linnaeus, 1766): ПРЛ; степи с редкой растительностью, высохшие болота вблизи водоемов; охотится на насекомых близ стад домашнего скота.

Семейство Laridae Чайковые

12. **Белощёкая болотная крачка** *Chlidonias hybrida* (Pallas, 1811); ГН; култучная зона и авандельта Волги; колонии от нескольких десятков до 100 пар.

13. **Белокрылая болотная крачка** *Chlidonias leucopterus* (Temminck, 1815); ГН; култучная зона и авандельта Волги, колонии по 20–50 пар; пресные водоемы с богатой прибрежной растительностью; гнезда – на тростниках, плавающих листья лотоса, сплавинах водорослей.

14. **Чёрная болотная крачка** *Chlidonias niger* (Linnaeus, 1758); ГН; дельта Волги, заросшие пресноводные водоемы от лесов до пустынь; колонии; гнезда на сплавине, плавающих растениях, наносах тростника.

15. **Чайконосая крачка** *Gelochelidon nilotica* (Gmelin, 1789); ПРЛ; западный ильменно-бугровый район – солоноватые ильмени (в т. ч. Ильбаши, 1995 г., колония 200 гнезд), затопленные половодьем солончаки; изредка севернее и западнее, в полупустынных ландшафтах, вдали от водоемов (поиск насекомых); приморская часть дельты Волги: косы култучной зоны.

16. **Чеграва обыкновенная** *Hydroprogne caspia* (Pallas, 1770): редок; ПРЛ; дельта Волги, о. Малый Жемчужный (1–6 тыс. пар).

17. **Хохотунья** *Larus cachinnans* (Pallas, 1811); ГН; морское побережье, острова, внутренние степные и полупустынные водоемы, островная зона авандельты Волги, о. Малый Жемчужный (основное место гнездования, до 1000 пар); колонии или пары.

18. **Чайка сизая** *Larus canus* (Linnaeus, 1758); ПР; дельта Волги. Пролет весной и осенью.

19. **Клуша** *Larus fuscus* (Linnaeus, 1758): редок; ЗМ.

20. **Хохотун черноголовый** *Larus ichthyaetus* (Pallas, 1773); ПРЛ; колонии; обычен в водоемах по всей территории в периоды миграций и кочевок; самое крупное гнезовье – о. Малый Жемчужный (1975–1980 гг.: 2,5–10 тыс. пар; 1987: 42 тыс. пар; 1991–2000: 6–15 тыс. пар); вся акватория предустьевого взморья.

21. **Голубок морской** *Larus genei* (Breme, 1840); ПРЛ, ГН (нерегулярно). Прекратившие существование колонии – на бровках рыбоходных каналов (предустьевое взморье), Обжоровский канал (1970-е гг.); о. Морской Очиркин (2000 птиц).

22. **Чайка большая полярная** *Larus hyperboreus* (Gunnerus, 1767); ЗЛ.

23. **Чайка большая морская** *Larus marinus* (Linnaeus, 1758); ЗЛ.

24. **Чайка малая** *Larus minutus* (Pallas, 1776); ПР; изредка в дельте Волги; 1991–1995 гг.: в Астраханском заповеднике 5 встреч по 2–12 птиц. Самая маленькая чайка мировой фауны.

25. **Чайка озерная (обыкновенная)** *Larus ridibundus* (Linnaeus, 1766); ПРЛ, ЗМ; дельта Волги, западные подстепные ильмени – на зарастающих водоемах, наносах тростника, кочках, песчаных островах. Зимует в разводьях Волго-Каспийского канала.

26. **Крачка пестроносая** *Thalasseus sandvicensis* (Latham, 1787); ПРЛ; колония на о. Малый Жемчужный.

27. **Крачка малая** *Sterna albifrons* (Pallas, 1764); ПРЛ. Были редки под Астраханью, но многочисленны в приморской части дельты и на островах (1911); Астраханский заповедник (1953 г.); о. Очиркин, о. Чистая Банка, Обжоровский канал (1953-1972 гг.); о. Малый Жемчужный (1984–1985 гг.); западный ильменно-бугровый район (1990-е гг.; колонии близ Астрахани, окрестности с. Янго-Аскер, южнее с. Кучеренко на территории Подстепного охотничьего хозяйства).

28. **Крачка речная** *Sterna hirundo* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; побережье Каспийского моря и внутренних водоемов.

Семейство Поморниковые Stercorariidae

29. **Поморник короткохвостый** *Stercorarius parasiticus* (Linnaeus, 1758); ЗЛ.

Семейство Авдотковые Burhinidae

30. **Авдотка** *Burhinus oedicnemus* (Linnaeus, 1758): весьма редок; ГН. В полупустынях, на холмистых участках западных подстепных ильменей, в песчаных барханах; степи – в зарослях полыни, бурьяна, в разреженных зарослях тамарикса по солончакам, по глинистым буграм Бэра.

Семейство Ржанковые Charadriidae

31. **Зуек морской** *Charadrius alexandrinus* (Linnaeus, 1758): очень редок; ГН; соленые озера, морские острова; в 1990-е гг. – у с. Кучеренко (западные подстепные ильмени), косы в култучной зоне Дамчикского участка Астраханского заповедника.

32. **Зуек каспийский** *Charadrius asiaticus* (Pallas, 1773): редок; ПРЛ; полупустынные ландшафты Северного Прикаспия, левобережья Волги.

33. **Зуек малый (галстучник малый)** *Charadrius dubius* (Scopoli, 1786); ПР; возможно гнездится; единичные встречи на берегу оз. Баскунчак, реки Горькая.

34. **Галстучник** *Charadrius hiaticula* (Linnaeus, 1758): редок; ПР.

35. **Кречетка** *Chettusia gregaria* (Pallas, 1771): очень редок; ГН; сухие степи, солончаки, заросли полыни, ковыля; единичные встречи в Красноярском районе и окрестностях Аксарайска.

36. **Ржанка золотистая южная** *Pluvialis apricaria apricaria* (Linnaeus, 1758): очень редок; ПР.

37. **Тулес** *Pluvialis squatarola* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; весенний и осенний пролеты – западные подстепные ильмени, окрестности сел Курченко, Рассвет.

38. **Пигалица белохвостая** *Vanellochettusia leucura* (Lichtenstein, 1823): редок; ПРЛ; единичные встречи – 1931 г., 1994 г. (окрестности с. Янго-Аскер, берег ильменя), окрестности сел Полдневное (на полоях), Трусово, культучная зона Дамчикского участка Астраханского заповедника (1 птица), северо-западнее с. Нариманова (малый степной водоем).

Семейство Шилоклювковые Recurvirostridae

39. **Ходулочник** Himantopus himantopus (Linnaeus, 1758) ГН; солончаки, сырые луга, рисовые чеки, полои, близ населенных пунктов и ильменей, на косах и отмелях в культучной зоне, близ рыбоводных прудов; поселения от 3–5 до десятков гнезд.

40. **Шилоклювка** *Recurvirostra avasetta* (Linnaeus, 1758): редок; ГН; солоноватые водоемы, ракушечные и песчаные косы, западные подстепные ильмени (окрестности сел Басы, Заречное, Караванное, Курченко, Михайловка).

Семейство Бекасовые Scolopacidae

41. **Перевозчик** *Actitis hypoleucos* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; отмечен у пресных водоемов – Кордонные пруды, оз. Карасун.

42. **Песчанка** *Calidris alba* (Pallas, 1764); ПР.

43. **Чернозобик** *Calidris alpine* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ; отмечен 02.09.2010 у речки Горькая (3 особи).

44. **Краснозобик** *Calidris ferruginea* (Pontoppidan, 1763): редок; ПР.

45. **Кулик-воробей** *Calidris minuta* (Leisler, 1912): редок; ПР; оз. Карасун (около 14 особей), речка Горькая (24 особи).

46. **Песочник белохвостый** *Calidris temminckii* (Leisler, 1812): редок; ПР.

47. **Дупель** *Gallinago media* (Latham, 1787): редок; ПР; в Волго-Ахтубинской пойме – возле стариц по лугам и кочкарникам; осенний пролет в дельте Волги.

48. **Грязовик** *Limicola falcinellus* (Pontoppidan, 1763): редок; ПР.

49. **Веретенник малый** *Limosa lapponica* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; Астраханский заповедник (культучная зона), Богдинско-Баскунчакский заповедник.

50. **Кроншнеп большой** *Numenius arquata* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; культучная зона Астраханского заповедника.

51. **Кроншнеп южный средний** *Numenius phaeopus alboaxillaris* (Love, 1921): редок; ПР; единичные встречи – Обжоровский участок (1936 г.), Дамчикский и Трехизбинский участок (1990-е гг.).

52. **Кроншнеп тонкоклювый** *Numenius tenuirostris* (Vieillot, 1817): редок; ПР; эндемик России; последние десятилетия наблюдения отсутствуют.

53. **Плавунчик круглоносый** *Phalaropus lobatus* (Linnaeus, 1758); ПР; оз. Карасун, Горькая речка.

54. **Щеголь** *Tringa erythropus* (Pallas, 1764): редок; ПР; весенний пролет, летние кочевки (стайки до 30 особей, маленькие группы, в одиночку); западные подстепные ильмени, косы и отмели культучной зоны дельты Волги; косы устьев протоков; берег Горькой речки (4 особи).

55. **Поручейник** *Tringa stagnatilis* (Bechstein, 1803): редок; ПР; весенние и осенние пролеты, летние кочевки; рисовые чеки, рыбоводные пруды, косы в устьях протоков в низовьях дельты Волги, западные постепные ильмени, Ильменно-бугровой заказник.

56. **Мородунка** *Xenus cinereus* (Guldenstedt, 1775): редок; ПР; косы у устьев протоков, западные подстепные ильмени, близ сел Линейное (в поле), Курченко, Зензели, Астраханский заповедник (единично). Весенние и осенние пролеты, летние кочевки.

Отряд Аистообразные Ciconiiformes

Семейство Аистовые Ciconiidae

57. **Аист черный** *Ciconia nigra* (Linnaeus, 1758): редок; ЗЛ; Астраханский заповедник, верхняя дельта Волги (северо-западнее села Верхний Бузан). Единичные встречи.

Семейство Цаплевые Ardeidae

58. **Выпь большая** *Botaurus stellaris* (Linnaeus, 1758); ГН; дельта Волги, западные подстепные ильмени; поросшиетростником и рогозом водоемы.

59. **Выпь малая** *Ixobrychus minutus* (Linnaeus, 1766); ГН; дельта Волги; поросшие тростником водоемы.

Семейство Ибисовые Threskiornithidae

60. **Колпица** *Platalea leucorodia* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; приморская часть дельты Волги, западный ильменно-бугровой район (в т.ч. ильмень Бюри-Базе); Волго-Ахтубинская пойма.

61. **Каравайка** *Plegadis falcinellus* (Linnaeus, 1766); ГН; дельта Волги (деревья, заломы тростника; 1200–1800 пар).

Отряд Ракшеобразные Coraciiformes

Семейство Щурковые Meropidae

62. **Щурка золотистая** *Merops apiaster* (Linnaeus, 1758); степи, полупустыни; гнезда – в обрывах бэровских бугров; низовья Волги (пролет). Балки: г. Большое Богдо, оз. Карасун, Зеленый сад и др. По всему Богдинско-Баскунчакскому заповеднику. Стаи часты на деревьях, проводах. Вредит пчеловодству.

63. **Щурка большая зеленая** *Merops superciliosus* (Linnaeus, 1766); ПРЛ; дельта Волги, западный ильменно-бугровой район (западнее поселков Прикаспийский, Басы, Зензели); в 100 км от Астрахани (у дороги на Элисту); склоны бэровских бугров, антропогенные формы рельефа.

Семейство Сизоворонковые Coraciidae

64. **Сизоворонка (ракша)** *Coracias garrulous* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; дельта Волги; западные подстепные ильмени, пойменные широколиственные леса, безлесые степи. Гнездится в норах или дуплах.

Семейство Зимородковые Alcedinidae

65. **Зимородок обыкновенный** *Alcedo atthis* (Linnaeus, 1758); зимородок ПРЛ, ЗМ; дельта Волги; песчаные и глинистые обрывистые берега рек, озер, стариц; гнездится в норе, которую сам выкапывает.

Отряд Соколообразные Falconiformes

Семейство Скопиные Pandionidae

66. **Скопа** *Pandion haliaetus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма. Известны менее 20 пар.

Семейство Ястребиные Accipitridae

67. **Гриф черный** *Aegypius monachus* (Linnaeus, 1766): очень редок; ЗЛ; единичные встречи – Степной заказник, западнее с. Речное. Сопровождает стада сайгака.

68. **Тювик европейский** *Accipiter brevipes* (Severtzov, 1850): редок; ОС; леса Волго-Ахтубинской поймы.

69. **Тетеревятник (ястреб большой)** *Accipiter gentiles* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ, ЗМ.

70. **Перепелятник (ястреб малый)** *Accipiter nisus* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ, ЗМ.

71. **Беркут** Aquila chrysaetos (Linnaeus, 1758): редок; ЗЛ, ГН; степи.

72. **Подорлик большой (орел-крикун)** *Aquila clanga* (Pallas, 1811): редок; ПР, ГН; дельта Волги?, окрестности г. Большое Богдо.

73. **Могильник** *Aquila geliaca* (Savegny, 1809): редок; ПРЛ; леса островные и ленточного типа в лесостепных ландшафтах.

74. **Подорлик малый** *Aquila pomarina* (Brehm, 1831); ЗЛ.

75. **Орел степной** *Aquila rapax* (Temminsk, 1828): редок; ПРЛ, ЗМ; степные и полупустынные участки правобережья и левобережья Волги.

76. **Канюк обыкновенный (сарыч)** *Buteo buteo* (Linnaeus, 1758); ПР; оз. Карасун, Горькая речка, г. Большое Богдо.

77. **Зимняк (канюк мохноногий)** *Buteo lagopus* (Pontoppidan, 1763): редок; ПР, ЗМ; луга дельты Волги, Волго-Ахтубинская пойма, подстепные ильмени.

78. **Курганник (сарыч степной)** *Buteo rufinus* (Cretzschmar, 1827); ПРЛ; степные и полупустынные рйоны правобережья и левобережья Волги.

79. **Змееяд** *Circaetus gallicus* (Gmelin, 1788): редок; ПР, ГН.

80. **Лунь болотный (камышовый)** *Circus aeruginosus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ, ЗМ (иногда); дельта Волги; водотоки, ильмени (заросли рогоза, тростника), островная зона и култуки (куртинно-кулисные заросли тростника). Зеленый сад, верховья балки Кордонная.

81. **Лунь болотный (камышовый)** *Circus cyaneus* (Linnaeus, 1766): редок; ГН.

82. **Лунь степной** *Circus macrourus* (Gmelin, 1771): редок; ЗМ (редко); ПРЛ; степи правобережья, левобережья Волги, Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги (редко во время сезонных миграций и зимой); близ Горькой речки.

83. **Лунь луговой** *Circus pygargus* (Linnaeus, 1758): редок; ГН; близ оз. Карасун, Зеленый сад.

84. **Орлан-белохвост** *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758); КЧ; по всему региону вблизи водоемов; гнездится в лесных массивах, на отдельно стоящих деревьях, опорах ЛЭП.

85. **Сип белоголовый** *Gyps fulvus* (Hablizl, 1783): редок; ЗЛ.

86. **Орлан-долгохвост** *Haliaeetus leucoryphus* (Pallas, 1771): редок; ЗЛ.

87. **Орел-карлик** *Hieraaetus pennatus* (Gmelin, 1788): редок; ЗЛ.

88. **Коршун черный** *Milvus migrans* (Boddaert, 1783): редок; ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма, подстепные ильмени; гнездится на деревьях, нередко группами.

89. **Осоед обыкновенный** *Pernis apivorus* (Linnaeus, 1758): редок; ПР.

Семейство Соколиные Falconidae

90. **Балобан** *Falco cherrug* (Gray, 1834): редок; ПРЛ; долина Волги, степи по обои стороны Волги, западные подстепные ильмени – единичные встречи за последние десятилетия.

91. **Дербник** *Falco columbarius* (Linnaeus, 1758): редок; ПР, ЗМ (редко).

92. **Пустельга степная** *Falco naumanni* (Fleischer, 1818): редок; ПРЛ; полупустынные, степные, лесостепные ландшафты; гнездится парами или небольшими группами в развалинах, дуплах, норах, под крышами.

93. **Сапсан** *Falco peregrinus* (Tunstall, 1771): редок; ПР, ЗМ; отмечен на зимовке в г. Астрахани (Успенский собор, колокольня Кремля, телевышка, под мостами через Волгу, трубы ТЭЦ и т. п.), Астраханском заповеднике (култуки, протоки, авандельта), оз. Карасун.

94. **Чеглок** *Falco subbuteo* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ; надводная дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма, ильменно-бугровой район.

95. **Пустельга обыкновенная** *Falco tinnunculus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; оз. Карасун, Зеленый сад, Суриковская и Кордонная балка.

96. **Кобчик** *Falco vespertinus* (Linnaeus, 1766); ПРЛ; Волго-Ахтубинская пойма, дельта Волги, пустынные и полупустынные участки правобережья и левобережья.

Отряд Журавлеобразные Gruiformes

Семейство Журавлиные Gruidae

97. **Красавка** *Anthropoides virgo* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; полупустынные и пустынные ландшафты, ильмени, озера у артезианских источников, близ сельхозугодий; Приволжский, Икрянинский районы, Богдинско-Баскунчакский заповедник.

98. **Журавль серый** *Grus grus* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; низовья дельты Волги, пос. Зеленый.

99. **Журавль белый (стерх)** *Grus leucogeranus* (Pallas, 1773): редок; ПР.

Семейство Дрофиные Otididae

100. **Дрофа** *Otis tarda* (Linnaeus, 1758): редок; ПР, ЗМ (редко); дельта Волги, западный ильменно-бугровый район, Астраханский заповедник.

101. **Стрепет** *Tetrax tetrax* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ, ЗМ (редко); степи, полупустыни; Волго-Ахтубинская пойма (Харабалинский район, остепненные острова), Богдинско-Баскунчакский заповедник, на западе области (близ с. Зензели), Западный ильменно-бугровой заказник.

Семейство Пастушковые Rallidae

102. **Коростель** *Crex crex* (Linnaeus, 1758): редок; ПР?, ГН; Волго-Ахтубинская пойма, лиман в урочище Шарабулак; сырые высокотравные луга, участки с густой травянистой и кустарниковой растительностью.

103. **Султанка** *Porphyrio porphyrio* (Linnaeus, 1758): редок; ЗЛ; ГН?; дельта Волги.

104. **Погоныш малый** *Porzana parva* (Scopoli, 1769): редок; ПРЛ; авандельта Волги; сплошные тростниково-рогозовые заросли.

105. **Погоныш-крошка** *Porzana pusilla* (Pallas, 1776): редок; ПР; ГН?; дельта Волги.

Отряд Воробьинообразные Passeriformes

Семейство Ласточковые Hirundinidae

106. **Воронок (ласточка городская)** *Delichon urbica* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; города и мелкие населенные пункты (гнезда под крышами, карнизами, лепнинами, даже на паромах), прочие антропогенные ландшафты, по берегам рек.

107. **Ласточка деревенская** *Hirundo rustica* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; синантропный вид, распространен повсеместно, гнездится во всевозможных постройках, на причалах, под нависающей частью скалы, в каменных пещерах и т.д.

108. **Ласточка береговая** *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; гнездится в обрывистых берегах, склонах карьеров, оврагах, обрывах, стенках колодцев и т.д.

Семейство Жаворонковые Alaudidae

109. **Жаворонок полевой** *Alauda arvensis* (Linnaeus, 1758); ПРЛ.

110. **Жаворонок малый** *Calandrella cinerea* (Gmelin, 1789); ПРЛ.

111. **Жаворонок хохлатый** *Galerida cristata* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; ЗМ (редко); степи, сухие открытые луга, окраины полей и дорог, промышленные районы, города.

112. **Жаворонок серый** *Calandrella rufescens* (Vieillot, 1820); ПРЛ.

113. **Жаворонок рогатый** *Eremophila alpestris* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ, ЗМ (редко). Наблюдался между Кордоном и г. Большое Богдо.

114. **Жаворонок лесной (юла)** *Lullula arborea* (Linnaeus, 1758): редок; ПР.

115. **Жаворонок степной** *Melanocorypha calandra* (Linnaeus, 1766); ПРЛ, ЗМ (частично); ковыльные и злаково-полынные степи, поля, суходольные луга; чаще левобережье Волги.

116. **Жаворонок белокрылый** *Melanocorypha leucoptera* (Pallas, 1811); ПРЛ, ЗМ; полынные и типчаковые степи, солончаки.

117. **Жаворонок черный** *Melanocorypha yeltoniensis* (Forster, 1768): редок; ПРЛ; полынные, полынно-злаковые степи.

Семейство Трясогузковые Motacillidae

118. **Конек полевой** *Anthus campestris* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; открытые, теплые ландшафты: ковыльные, типчаково-ковыльные, холмистые степи, полупустынные равнины.

119. **Конек краснозобый** *Anthus cervinus* (Pallas, 1811): редок; ПР; степи, луга.

120. **Конек луговой** *Anthus pratensis* (Linnaeus, 1758): редок; ПР.

121. **Конек лесной** *Anthus trivialis* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; пойменные степные леса, лесостепные колки, окраины болот, вырубки, поляны, опушки, редколесья.

122. **Трясогузка белая** *Motacilla alba* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; первоначальная гнездовая стация – берега рек и водоемов; сейчас – типично синантропный вид, освоивший самые разные элементы антропогенного ландшафта.

123. **Трясогузка горная** *Motacilla cinerea* (Tunstall, 1771): редок; ПР.

124. **Трясогузка желтоголовая** *Motacilla citreola* (Pallas, 1776): редок; трясогузка желтоголовая: редок, ПР.

125. **Трясогузка желтая** *Motacilla flava* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; отмечен у оз. Карасун.

126. **Трясогузка черноголовая** *Motacilla feldegg* (Michahelles, 1830): редок; трясогузка черноголовая: редок; ПРЛ; около родников в пустынных и полупустынны районах, по берегам лиманов, озер и различных понижений с талой водой, на заливных пойменных лугах; водоемы – пресные и солоноватые, обязательно с участками луговой растительности, тростника, небольших кустов.

127. **Трясогузка желтолобая (желтоспинная)** *Motacilla lutea* (Gmelin, 1774): редок; ПРЛ; заливные, заболоченные луга с кустарниками и озерками, иногда на суходолах, в том числе сельхозполях.

Семейство Сорокопутовые Laniidae

128. **Жулан обыкновенный** *Lanius collurio* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ; населяет различные биотопы с наличием древсно-кустарниковой растительности по соседству с открытыми участками.

129. **Сорокопут серый** *Lanius excubitor* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ; заросли кустарника, ленточные леса, лесополосы, сады – в различных ландшафтах.

130. **Сорокопут чернолобый** *Lanius minor* (Gmelin, 1788); ПРЛ; заселяет мозаичные ландшафты, в которых древесно-кустарниковая растительность перемежается с открытыми, поросшими травой пространствами, или без таковой; в том числе лесополосы.

Семейство Иволговые Oriolidae

131. **Иволга обыкновенная** *Oriolus oriolus* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ; предпочитает ивовые рощи, лесополосы (в том числе вдоль дорог), иногда – отдельно стоящие деревья в степи, сады, парки.

Семейство Скворцовые Sturnidae

132. **Скворец розовый** *Sturnus roseus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; ксерофитные ландшафты; места гнездования могут зависеть от локализации популяций саранчовых; гнездится в крышах и стенах кошар, расширенных гнездах ласточки береговой и т. п.

133. **Скворец обыкновенный** *Sturnus vulgaris* (Linnaeus, 1755); ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма, западные подстепные ильмени, степные районы правобережья и левобережья Волги; лиственные леса, луга, поля населенные пункты.

Семейство Врановые Corvidae

134. **Ворон** *Corvus corax* (Linnaeus, 1758): редок; ЗЛ; повсеместен.

135. **Галка** *Corvus monedula* (Linnaeus, 1758); ПРЛ. Повсеместен.

136. **Сойка** *Garrulus glandarius* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; больше всего встреч в дубравах Волго-Ахтубинской поймы; в дельте Волги – редкий залетный вид.

137. **Кедровка** *Nucifraga caryocatactes* (Linnaeus, 1758): редок; ЗЛ. Биотопическое распределение требует дальнейшего изучения.

Семейство Свиристелевые Bombycillidae

138. **Свиристель** *Bombycilla garrulous* (Linnaeus, 1758); ЗМ; численность зависит от кормовой базы в других частях ареала; кормится на деревьях и кустарниках ягодных пород, в том числе в населенных пунктах.

Семейство Крапивниковые Trogloditidae

139. **Крапивник** *Troglodytes troglodytes* (Linnaeus, 1758): редок; ЗМ, ГН; единичные встречи в дельте Волги; в остальной части ареала предпочитает различные мезофитные ландшафты, в том числе антропогенные.

Семейство Завирушковые Prunellidae

140. **Завирушка лесная** *Prunella modularis* (Linnaeus, 1758): редок; ПР.

Семейство Славковые Sylviidae

141. **Камышевка индийская** *Acrocephalus agricola* (Jerdon, 1845); ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма; заросли тростника и рогоза.

142. **Камышевка дроздовидная** *Acrocephalus arundinaceus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма; заросли тростника и рогоза.

143. **Камышевка садовая** *Acrocephalus dumetorum* (Blyth, 1849): редок; ПР; встречи на тростниках у Горькой речки.

144. **Камышевка болотная** *Acrocephalus palustris* (Bechstein, 1798); ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма; заросли тростника и рогоза.

145. **Камышевка-барсучек** *Acrocephalus schoenobaenus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма; заросли тростника и рогоза.

146. **Камышевка тростниковая** *Acrocephalus scirpaceus* (Hermann, 1804); ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма; заросли тростника и рогоза.

147. **Камышевка широкохвостая** *Cettia cetti* (Temminck, 1820); ПРЛ; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма; заросли тростника и рогоза.

148. **Бормотушка северная** *Hippolais caligata* (Lichtenstein, 1823); ПРЛ; луга с кустарниковой растительностью, мелколесья, опушки, заросли ивняка.

149. **Пересмешка зеленая** *Hippolais icterina* (Vieillot, 1817); ПР.

150. **Бормотушка южная** *Hippolais rama* (Sykes, 1832); ПРЛ.

151. **Сверчок речной** *Locustella fluviatilis* (Wolf, 1810); ПРЛ; предпочитает влажные стации - заболоченную пойму, луга с кустарниками, сырые леса с густым подлеском и травостоем.

152. **Сверчок соловьиный** *Locustella luscinioides* (Savi, 1824); ПРЛ; малодоступные сырые, заболоченные или залитые водой биотопы, заросшие невысоким ивняком, тростником, осокой.

153. **Сверчок обыкновенный** *Locustella naevia* (Boddaert, 1783); ПРЛ; всевозможные влажные биотопы.

154. **Камышевка тонкоклювая** *Lusciniola melanopogon* (Temminck, 1823); ПРЛ; всевозможные влажные биотопы.

155. **Пеночка-теньковка (пеночка-кузнечик)** *Phylloscopus collybita* (Vieillot, 1817): редок; ПР.

156. **Пеночка-зарничка** *Phylloscopus inornatus* (Blyth, 1842): редок; ЗЛ.

157. **Пеночка-трещетка** *Phylloscopus sibilatrix* (Bechstein, 1793): редок; ПР; единичные встречи в Кордонной балке.

158. **Пеночка зеленая** *Phylloscopus trochiloides* (Sundevall, 1837): редок; ПР.

159. **Пеночка-весничка** *Phylloscopus trochilus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; балки, водоемы с древесно-кустарниковой растительностью.

160. **Славка черноголовая** *Sylvia atricapilla* (Linnaeus, 1758): редок; ПР.

161. **Славка садовая** *Sylvia borin* (Boddaert, 1783): редок; ПР; единичные встречи на оз. Карасун (Кордонная, Суриковская балка), оз. Красное.

162. **Славка серая** *Sylvia communis* (Latham, 1787); ПРЛ; кустарниковые заросли в различных сухих биотопах; Кордонная, Суриковская балка.

163. **Славка-завирушка** *Sylvia curruca* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; лесные и кустарниковые массивы в различных ландшафтах.

164. **Славка пустынная** *Sylvia nana* (Hemprich et Ehrenberg, 1833); ПРЛ; предпочитает ксерофитные стации степей и полупустынь.

165. **Славка ястребиная** *Sylvia nisoria* (Bechstein, 1795); ПРЛ; кустарниковые заросли в различных биотопах.

166. **Славка белоусая** *Sylvia mystacea* (Menetries, 1832); ПРЛ; древесно-кустарниковые массивы в разных ландшафтах.

Семейство Корольковые Regulidae

167. **Королек желтоголовый** *Regulus regulus* (Linnaeus, 1758): редок; ПР, ЗМ (редко); единичные встречи на г. Большое Богдо, в Зеленом саду.

Семейство Мухоловковые Muscicapidae

168. **Зарянка** *Erithacus rubecula* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; единичные встречи в лесополосах Зеленого сада.

169. **Мухоловка-пеструшка** *Ficedula hypoleuca* (Pallas, 1764); ПР; биотопы с древесно-кустарниковой растительностью; Богдинско-Баскунчакский заповедник.

170. **Мухоловка малая** *Ficedula parva* (Bechstein, 1794): редок; ПР.

171. **Соловей обыкновенный** *Luscinia luscinia* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; отмечен в Кордоне Богдинско-Баскунчакского заповедника.

172. **Соловей южный** *Luscinia megarhynchos* (Brehm, 1831); ГН; леса с густым подлеском, иногда сады.

173. **Варакушка** *Luscinia svecica* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; кустарниковая поросль, обычно недалеко от воды, в разных ландшафтах.

174. **Дрозд каменный пестрый** *Monticola saxatilis* (Linnaeus, 1776): редок; ЗЛ.

175. **Дрозд каменный синий** *Monticola solitarius* (Linnaeus, 1758): редок; ЗЛ.

176. **Мухоловка серая** *Muscicapa striata* (Pallas, 1764); ПРЛ; леса, лесополосы, рощи, парки, сады, населенные пункты.

177. **Каменка-плясунья** *Oenanthe isabellina* (Temminck, 1829); ПРЛ; предпочитает открытые сухие местообитания.

178. **Каменка обыкновенная** *Oenanthe oenanthe* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; сухие открытые пространства, каменистые россыпи и склоны, карьеры, вырубки, населенные пункты и т. п. Отмечен в Зеленом саду и на г. Большое Богдо.

179. **Каменка-плешанка** *Oenanthe pleschanka* (Lepechin, 1770); ПРЛ; селится везде, где есть скальные обнажения и каменистые россыпи.

180. **Горихвостка-чернушка** *Phoenicurus ochruros* (Gmelin, 1774): редок; ЗЛ.

181. **Горихвостка обыкновенная** *Phoenicurus phoenicurus* (Linnaeus, 1758); ПР; отмечен в Богдинско-Баскунчакском заповеднике (урочище Кордон, Серебристые тополя).

182. **Чекан луговой** *Saxicola rubetra* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; открытые травяно-кустарниковые болота и луговые местообитания с разреженным кустарником, агроланлшафты, свежие вырубки, гари.

183. **Чекан черноголовый** *Saxicola torquata* (Linnaeus, 1766); ПРЛ; на открытых пространствах с единичными деревьями или кустарниками – в т. ч. пустоши, верховые болота.

184. **Белобровик** *Turdus iliacus* (Linnaeus, 1766): редок; ПР; единичные встречи в Кордонной балке.

185. **Дрозд черный** *Turdus merula* (Linnaeus, 1758): редок; ПР.

186. **Рябинник** *Turdus pilaris* (Linnaeus, 1758); ПР.

187. **Дрозд певчий** *Turdus philomelos* (Brehm, 1831); ПР.

188. **Деряба** *Turdus viscivorus* (Linnaeus, 1758): редок; ПР.

Семейство Суторовые Paradoxornithidae

189. **Синица усатая** *Panurus biarmicus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ, ЗМ; наиболее многочисленен в дельте Волги, районе западных подстепных ильменей, менее обилен в Волго-Ахтубинской пойме; заросли тростников и рогозов.

Семейство Синицы длиннохвостые Aegithalidae

190. **Синица длиннохвостая** *Aegithalos caudatus* (Linnaeus, 1758); ОС; лесные массивы дельты Волги, Волго-Ахтубинской поймы.

Семейство Синицевые Paridae

191. **Московка** *Parus ater* (Linnaeus, 1758); ОС; предпочитает лесные массивы в различных ландшафтах; эпизодически отмечается в черте городских и сельских поселений, садах, лесополосах.

192. **Лазоревка обыкновенная** *Parus caeruleus* (Linnaeus, 1758); ОС; леса в дельте Волги, Волго-Ахтубинской пойме, районе западных подстепных ильменей; факультативный синантроп.

193. **Синица большая** *Parus major* (Linnaeus, 1758); ОС, КЧ; лесные массивы вдоль течения и по обе стороны Волги; саамы разнообразные антропогенные ландшафты.

194. **Гаичка буроголовая** *Parus montanus* (Baldenstein, 1827): редок; ЗЛ.

195. **Ремез обыкновенный** *Remiz pendulinus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ, ЗМ (частично); дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма, район западных подстепных ильменей; в зарослях тростника, на деревьях по берегам водоемов.

Семейство Поползневые Sittidae

196. **Поползень обыкновенный** *Sitta europaea* (Linnaeus, 1758): редок; ЗМ.

Семейство Пищуховые Certhiidae

197. **Пищуха обыкновенная** *Certhia familiaris* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ.

Семейство Воробьиные Passeridae

198. **Воробей домовый** *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758); ОС; населенные пункты и прилежащие антропогенные ландшафты.

199. **Воробей полевой** *Passer montanus* (Linnaeus, 1758); ОС; леса, лесостепи, лесопосадки, береговые обрывы, овраги, дачи, парки, села. Сильно не привязан к жилью человека.

200. **Воробей полевой** *Petronia petronia* (Linnaeus, 1766); ЗЛ; восточная часть дельты Волги.

Семейство Вьюрковые Fringillidae

201. **Коноплянка: редок** *Acanthis cannabina* (Linnaeus, 1758): редок; ПР, ЗМ (частично); единичные встречи в Зеленом саду, Кордонной балке.

202. **Чечетка обыкновенная** *Acanthis flammea* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ (частично).

203. **Чечетка горная** *Acanthis flavirostris* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ (частично).

204. **Щегол черноголовый** *Carduelis carduelis* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ (частично); наиболее обычен в средней и верхней части дельты Волги, районе западных подстепных ильменей; леса, культурные ландшафты, небольшие рощи и перелески с травяными зарослями.

205. **Чечевица обыкновенная** *Carpodacus erythrinus* (Pallas, 1770); ПР; влажные луга, леса (опушки, вырубки), сады, парки.

206. **Зеленушка обыкновенная** *Chloris chloris* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; лесные массивы в разных ландшафтах, парки, сады.

207. **Дубонос обыкновенный** *Coccothraustes coccothraustes* (Linnaeus, 1758); ПРЛ, ЗМ (частично); наиболее част в лесах дельты Волги и Волго-Ахтубинской поймы.

208. **Зяблик** *Fringilla coelebs* (Linnaeus, 1758); ПРЛ, ЗМ; Волго-Ахтубинская пойма, верховья и срединная часть дельты Волги, реже низовья последней (осваивается); леса, парки, сады.

209. **Вьюрок** *Fringilla montifringilla* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ (частично); лесные массивы в различных ландшафтах.

210. **Клест обыкновенный** *Loxia curvirostra* (Linnaeus, 1758); ЗЛ.

211. **Щур** *Pinicola enucleator* (Linnaeus, 1758); ЗЛ.

212. **Снегирь обыкновенный** *Pyrrhula pyrrhula* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ (частично); пойменные леса, населенные пункты.

213. **Чиж** *Spinus spinus* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ (частично); пойменные леса, агроландшафты, населенные пункты.

Семейство Овсянковые Emberizidae

214. **Подорожник** *Calcarius lapponicus* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ (частично).

215. **Дубровик** *Emberiza aureola* (Pallas, 1773): редок; ЗЛ.

216. **Овсянка желчная** *Emberiza bruniceps* (Brandt, 1841): редок; ПРЛ; степные, полупустынные и пустынные ландшафты с кустарниковой растительностью (гнезда делает в траве, на ветках).

217. **Просянка** *Emberiza calandra* (Linnaeus, 1758): редок; ПР, ЗМ (частично).

218. **Овсянка обыкновенная** *Emberiza citronella* (Linnaeus, 1758); ПР, ЗМ (редко).

219. **Овсянка садовая** *Emberiza hortulana* (Linnaeus, 1758): редок; ПРЛ; степи, поросшие кустарником, лесополосы, вырубки, опушки леса; культурные ландшафты.

220. **Овсянка белошапочная** *Emberiza leucocephala* (Gmelin, 1771): редок; ЗЛ.

221. **Овсянка черноголовая** *Emberiza melanocephala* (Scopoli, 1769): редок; ПР; возможно гнездится; на остальной части ареала – балки, поросшие кустарником, купы деревьев, куртины высокотравья, агроландшафты.

222. **Овсянка-ремез** *Emberiza rustica* (Pallas, 1776): редок; ЗЛ.

223. **Овсянка тростниковая** *Emberiza schoeniclus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; рядом с водоемами и мокрыми лугами в береговых зарослях.

224. **Пуночка** *Plectrophenax nivalis* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; каменистые участки, обрывистые берега, близ населенных пунктов. Гнездование в регионе требует подтверждения.

Отряд Пеликанообразные Pelecaniformes

Семейство Пеликановые Pelecanidae

225. **Пеликан кудрявый** *Pelecanus crispus* (Bruch, 1832); ПРЛ; в основном в дельте Волги (от 25 до 242 гнездящихся пар с 1974 по 2006 г.), реже – в Волго-Ахтубинской пойме и водоемах западного ильменно-бугрового района.

226. **Пеликан розовый** *Pelecanus onocrotalus* (Linnaeus, 1758): редок; ПР; последнее сообщение о гнездовании в дельте Волги датируется лишь 1980-м годом (2 пары), до этого – 1963-м (7 пар). Вероятно, в регионе места гнездовий отсутствуют. На пролете возможны единичные встречи по разным водоемам области в западном ильменно-бугровом районе, Волго-Ахтубинской пойме, дельте Волги.

Семейство Баклановые Phalacrocoracidae

227. **Баклан малый** *Phalacrocorax pygmaeus* (Pallas, 1773); ПРЛ; приморская часть дельты Волги; численность колеблется: от 200 до 1650 на различных учетных участках в разные годы; в целом наблюдается тенденция все более широкого освоения дельты Волги.

Отряд Фламингообразные Phoenicopteriformes

Семейство Фламинговые Phoenicopteridae

228. **Фламинго обыкновенный** *Phoenicopterus roseus* (Pallas, 1811): редок; ЗЛ; изредка в дельту Волги залетают стаи от 19 до 300 птиц, реже залетают одиночные особи; вероятность встреч больше в восточной части дельты, нежели в западной.

Отряд Совообразные Strigiformes

Семейство Совы настоящие Strigidae

229. **Сыч мохноногий** *Aegolius funereus* (Linnaeus, 1758): редок; ЗМ; избегает открытых пространств, предпочитает лесные массивы.

230. **Сова болотная** *Asio flammeus* (Pontoppidan, 1763): редок; ГН; в открытых стациях: влажные луга, болота.

231. **Сова ушастая** *Asio otus* (Linnaeus, 1758); ГН, ЗМ; лесные ассоциации, лесополосы; отмечен в дельте Волги.

232. **Сыч домовый** *Athene noctua* (Scopoli, 1769); предпочитает открытую местность – поля, опушки, выходы скал, обрывы; нередок в антропогенных ландшафтах – может гнездится в развалинах, трещинах стен, на чердаках и т. п.

233. **Филин** *Bubo bubo* (Linnaeus, 1758); ГН; Волго-Ахтубинская пойма, верхняя часть дельты Волги, подстепные ильмени; встречается в самых разных ландшафтах, в том числе в населенных пунктах, иногда гнездясь на чердаках.

234. **Сова белая** *Nyctea scandiaca* (Linnaeus, 1758); ЗМ;

235. **Сплюшка (зорька)** *Otus scops* (Linnaeus, 1758): редок; ГН; лиственные леса, сады, парки.

236. **Неясыть серая** *Strix aluco* (Linnaeus, 1758); ОС; лесополосы, леса, парки.

237. **Неясыть длиннохвостая** *Strix uralensis* (Pallas, 1771); ЗМ; леса, опушки, поляны.

Отряд Рябкообразные Pteroclidiformes

Семейство Рябковые Pteroclididae

238. **Рябок белобрюхий** *Pterocles alchata* (Linnaeus, 1776); ЗЛ.

239. **Рябок чернобрюхий** *Pterocles orientalis* (Linnaeus, 1758); ПРЛ.

240. **Саджа** *Syrrhaptes paradoxus* (Pallas, 1773); ПР, ГН (нерегулярно); пустынные и полупустынные ландшафты с плотными почвами и полынно-злаковой растительностью.

Отряд Кукушкообразные Cuculiformes

Семейство Кукушковые Cuculidae

241. **Кукушка обыкновенная** *Cuculus canorus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; низовья надводной части дельты Волги, угодья предустьевого взморья, Волго-Ахтубинская пойма, подстепные ильмени; часто подкладывает яйца в гнезда камышевок – дроздовидной и широкохвостой.

Отряд Козодоеобразные Caprimulgiformes

Семейство Козодоевые Caprimulgidae

242. **Козодой обыкновенный** *Caprimulgus europaeus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; леса, лесостепь, полупустынные ландшафты с кустарниковой растительностью; в низовьях дельты Волги чаще пролетный.

Отряд Стрижеобразные Apodiformes

Семейство Стрижиные Apodidae

243. **Стриж черный** *Apus apus* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; в частности, отмечен в окрестностях г. Большое Богдо, оз. Карасун; в черте населенных пунктов, дуплах, трещинах скал, норам под обрывами.

Отряд Удодообразные Upupiformes

Семейство Удодовые Upupidae

244. **Удод** *Upupa epops* (Linnaeus, 1758); ПРЛ; населяет дельту Волги, за исключением ее приморской части; открытые пространства с редкими рощами, лесами; часть особей держится у населенных пунктов.

Отряд Дятлообразные Piciformes
Семейство Дятловые Picidae

245. **Дятел белоспинный** *Dendrocopos leucotos* (Bechstein, 1803): редок: ЗЛ (западная часть дельты Волги); лиственные леса, в том числе пойменные, со значительным числом погибших деревьев; предпочитает буреломные места; поймы рек и озер, заболоченные и заливаемые паводком участки леса.

246. **Дятел пестрый** *Dendrocopos major* (Linnaeus, 1758); ОС; различные лесные массивы, рощи, городские леса, лесополосы. Может совершать местные кочевки в поисках корма. Часто отмечается, особенно зимой, в парках населенных пунктов, в том числе крупных. Самки и самцы обычно кормятся на разных участках, или даже в разных типах леса.

247. **Дятел пестрый малый** *Dendrocopos minor* (Linnaeus, 1758); ЗМ (верхняя часть Волго-Ахтубинской поймы, реже – дельта Волги); различные лесные массивы; нередок у населенных пунктов.

248. **Дятел черный** *Dryocopus martius* (Linnaeus, 1758); ЗМ (верхняя часть Волго-Ахтубинской поймы, реже – дельта Волги); различные лесные массивы.

249. **Вертишейка** *Jynx torquilla* (Linnaeus, 1758): редок; ЗЛ; на остальной части ареала предпочитает обитать вне сплошных лесных массивов: на опушках, полянах, вырубках, гарях, также – сады, парки. Очень агрессивна, осматривая другие дупла и дуплянки: прогоняют других птиц-дуплогнездников, выбрасывают их яйца и птенцов.

250. **Дятел седой** *Picus canus* (Gmelin, 1788); ОС; дельта Волги, Волго-Ахтубинская пойма; леса разного типа, отдает предпочтение осветленным; иногда в лесопосадках, лесополосах.

251. **Дятел зеленый** *Picus viridis* (Linnaeus, 1758): редок; ЗЛ (западная часть дельты Волги); на остальной части ареала придерживается широколиственных лесов (особенно дубрав), в смешанных лесах места обитания мозаичны, с полянами и опушками.

Заключение

Необходимо отметить, что экология рассмотренных видов орнитофауны Астраханской области требует дальнейшего всестороннего изучения в плане получения точных значений абсолютной и относительной численности, детального понимания распределения по категориям среды обитания, составления долгосрочных прогнозов о состоянии популяций тех или иных видов с целью разработки, при необходимости, комплекса соответствующих охранных мер.

В данном исследовании многочисленного населения птиц региона сочли необходимым не отображать в отношении всех видов показатель «относительная численность» вследствие отсутствия его смысловой нагрузки и достоверности на данном этапе изученности орнитофауны всей территории области. Последующие необходимые научно-исследовательские работы с большей продолжительностью полевых работ, применением высокотехнологичных методов в полевых условиях помогут установить его значения и динамику.

В целом орнитологический комплекс Астраханской области уникален и многочисленен по своему видовому составу, что обусловлено многовековой историей его формирования под воздействием постоянных и меняющихся природно-климатических условий (в том числе эволюцией бассейна Каспийского моря), а также хозяйственной деятельности человека.

Список литературы

1. Атлас Астраханской области / гл. ред. А. Н. Бармин; отв. ред. В. В. Занозин. Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2023. 128 с.
2. Атлас Нижней Волги от Волгограда до Астрахани и Каспийского моря. Москва: Ультра ЭКСТЕНТ, 2010.
3. Архипов В. Ю., Русанов Г. М., ван Стейнис М. К авифауне Северо-Западного Прикаспия: новые находки и уточнение статуса видов // Бюллетень МОИП. Отд. Биологический. 2003. Т. 108, вып. 2. С. 17–24.
4. Белик В. П. К летней фауне хищных птиц и сов Богдинско-Баскунчакского заповедника // Русский орнитологический журнал. 2018. Т. 27, № 1610. С. 2314–2319.
5. Белик В. П. Птицы Южной России. Том 1: Неворобьиные – Non-Passerines: Материалы к кадастру. Ростов н/Д; Таганрог, 2021. 812 с.
6. Белик В. П. Птицы Южной России. Том 2: Воробьиные – Passeriformes: Материалы к кадастру. Ростов н/Д; Таганрог, 2023. 618 с.
7. Бобринский Н. А. География животных. Москва: Учпедгиз, 1951. 382 с.
8. Бородин Л. Н. Материалы к познанию пластинчатоклювых Астраханского заповедника // Труды Астраханского заповедника. Астрахань, 1938. С. 16–54.
9. Водно-болотные угодья, внесенные в перспективный список Рамсарской конвенции. Москва, 2000. Т. 3. С. 139–142.
10. Водно-болотные угодья России. Том 1. Водно-болотные угодья международного значения / под ред. В. Г. Кривенко. Москва, 1998. 256 с.
11. Воронов А. Г., Дроздов И. И., Криволуцкий Д. А., Мяло Е. Г. Биогеография с основами экологии. Москва: Высшая школа, 2002. 392 с.

12. Гаврилов Н. Н. Влияние колебания уровня Каспийского моря на среду обитания и численность колониальных птиц в дельте Волги в 1974–2009 гг. // Труды Астраханского государственного природного биосферного заповедника. Астрахань, 2009. Вып. 14. С. 6–12.

13. Гептнер В. Г. Общая зоогеография. Москва; Ленинград: Биомедгиз, 1936. 547 с.

14. Дарлингтон Ф. Зоогеография. Москва: Прогресс, 1966. 518 с.

15. Коблик Е. А., Редькин Я. А., Архипов В. Ю. Список птиц Российской Федерации. Москва, 2006. 288 с.

16. Красная книга Астраханской области / авторы-составители: В. Н. Пилипенко, М. В. Лозовская, В. И. Закутнова, А. П. Лактионов, Ю. С. Чуйков, М. И. Пироговский, В. В. Федорович, Г. М. Русанов, Д. В. Бондарев, Н. Н. Гаврилов, Н. Д. Реуцкий, А. Т. Божанский, О. А. Кокин, В. Е. Афанасьев, А. В. Зимин, В. Ю. Андреев, О. В. Волобоева, Н. О. Мещерякова, Г. А. Лозовская, А. С. Бусалова, М. И. Фаизова. – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2014. – 413 с.

17. Красная книга Российской Федерации. Животные. Москва, 2020. – 860 с.

18. Луговой А. Е. Птицы дельты реки Волги // Труды Астраханского заповедника. Астрахань, 1963. С. 9–185.

19. Николаев В. И. К авифауне северной части Астраханской области // Русский орнитологический журнал. 2017. № 26 (1401). С. 480–483.

20. Перковский М. Н., Мещерякова Н. О., Гаврилов Н. Н. Колониальные гнездовья Пеликанообразных (Pelecaniformes) и Аистообразных (Ciconiiformes) в дельте реки Волги с 2009 по 2017 гг. // Труды Астраханского государственного природного биосферного заповедника. Астрахань, 2018. Вып. 17. С. 231–249.

21. Перковский М. Н., Арустамов Э. А., Павлова И. Е., Чуйков Ю. С. Ретроспективный анализ орнитологических исследований в дельте Волги //Астраханский вестник экологического образования. 2018. № 1 (43). С. 221–229.

22. Пирогов Н. Г. «Зеленый сад» и его орнитофауна (Богдинско-Баскунчакский заповедник) // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 2 (74). С. 192–204.

23. Пирогов Н. Г. Новые виды птиц Богдинско-Баскунчакского заповедника // Биологическое разнообразие природных и антропогенных ландшафтов: изучение и охрана: сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Астрахань, 2021. С. 163–165.

24. Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Инструкция по комплексному учету птиц на территории СССР. Москва, 1990. 33 с.

25. Реуцкий Н. Д., Гаврилов Н. Н. Кадастровая характеристика состояния колоний Голенастых и Веслоногих птиц в дельте Волги и Западных подстепных ильменях // Труды Астраханского государственного природного биосферного заповедника. Астрахань, 2009. Вып. 14. С. 6–12.

26. Реуцкий Н. Д. Аннотированный список птиц Астраханского региона с указанием их распределения по природно-территориальным комплексам. (Часть первая) // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 1 (27). С. 159–208.

27. Реуцкий Н. Д. Аннотированный список птиц Астраханского региона с указанием их распределения по природно-территориальным комплексам. (Часть вторая) // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 2 (28). С. 121–159.

28. Реуцкий Н. Д. Аннотированный список птиц Астраханского региона с указанием их распределения по природно-территориальным комплексам. (Часть третья) // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 3 (29). С. 91–153.

29. Реуцкий Н. Д. Аннотированный список птиц Астраханского региона с указанием их распределения по природно-территориальным комплексам. (Часть четвертая) // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 4 (30). С. 109–180.

30. Реуцкий Н. Д. Аннотированный список птиц Астраханского региона с указанием их распределения по природно-территориальным комплексам. (Часть пятая) // Астраханский вестник экологического образования. 2015. № 1 (31). С. 75–108.

31. Русанов Г. М. Видовой состав и плотность населения птиц в ильменно-бугровых районах дельты Волги // Труды Астраханского государственного природного биосферного заповедника. Астрахань, 2018. Вып. 17. С. 205–222.

32. Русанов Г. М. Птицы Богдинско-Баскунчакского заповедника // Природный комплекс Богдинско-Баскунчакского государственного природного заповедника и его охрана: труды государственного заповедника Богдинско-Баскунчакский. 1998. Том 1. С. 97–117.

33. Русанов Г. М., Реуцкий Н. Д., Литвинова Н. А., Гаврилов Н. Н. Редкие виды птиц дельты Волги и прилежащих к ней территорий // Русский орнитологический журнал. 2017. № 26 (1510). С. 4277–4281.

34. Тишков А. А. Стратегия сохранения биоразнообразия аридных экосистем / А.А. Тишков // Проблемы сохранения биоразнообразия аридных регионов России. Волгоград, 1998. С. 84.

35. Федеральный закон «О животном мире» от 24.04.1995 № 52-ФЗ (последняя редакция).

36. Хлебников В. А. Список птиц Астраханского края с распределением их по характеру пребывания в крае // Материалы к познанию природы Астраханского края. 1928. Т. 1, вып. 3. С. 40.

37. Хлебников В. А. Птицы Астраханского края // Ежегодник Астраханского краеведческого музея. Каталог музея. Зоол. отдел. птицы. Астрахань, 1930. С. 1–31.

38. Чуйков Ю. С. Владимир Алексеевич Хлебников – «неизвестный» орнитолог // Русский орнитологический журнал. 2011. Т. 20, № 673. С. 1411–1419.

39. Чуйков Ю. С. «Птицы Астраханского края» – неосуществлённые мечты В.А. Хлебникова // Русский орнитологический журнал. 2011. Т. 20, № 689. С. 1851–1865.
40. Яковлев В. Список птиц, встречающихся в Астраханской губернии // Бюл. МОИП. 1872. С. 81–84.

References

1. *Atlas of the Astrakhan region.* Ch. ed. A. N. Barmin, rep. ed. V. V. Zanozin. Astrakhan: Publisher: Sorokin Roman Vasilievich; 2023:128 (In Russ.).
2. *Atlas of the Lower Volga from Volgograd to Astrakhan and the Caspian Sea.* Moscow, Ultra EXTENT, 2010 (In Russ.).
3. Arkhipov V. Yu., Rusanov G. M., van Steynis M. To the avifauna of the North-Western Caspian region: new finds and clarification of the status of species. *Bulletin of the MOIP. Dept. Biological.* 2003; 108(2):17–24 (In Russ.).
4. Belik V. P. On the summer fauna of birds of prey and owls of the Bogdinsko-Baskunchaksky Nature Reserve. *Russian Ornithological Journal.* 2018; 27(1610):2314–2319 (In Russ.).
5. Belik V. P. *Birds of Southern Russia, volume 1: Non-Passerines: Materials for the cadastre.* Rostov-on-Don; Taganrog; 2021:812 (In Russ.).
6. Belik V. P. *Birds of Southern Russia, volume 2: Passerines – Passeriformes: Materials for the cadastre.* Rostov-on-Don; Taganrog; 2023:618 (In Russ.).
7. Bobrinsky N. A. *Geography of animals.* Moscow: Uchpedgiz; 1951:382 (In Russ.).
8. Borodin L. N. Materials for the knowledge of lamellar beaks of the Astrakhan Nature Reserve. *Proceedings of the Astrakhan Nature Reserve.* Astrakhan; 1938:16–54 (In Russ.).
9. *Wetlands included in the prospective list of the Ramsar Convention.* Moscow, 2000; 3:139–142 (In Russ.).
10. *Wetlands of Russia. Volume 1. Wetlands of international importance.* Ed. V. G. Krivenko. Moscow; 1998:256 (In Russ.).
11. Voronov A. G., Drozdov I. I., Krivolutsky D. A., Myalo E. G. *Biogeography with basic ecology.* Moscow: Higher School; 2002:392 (In Russ.).
12. Gavrilov N. N. The influence of Caspian Sea level fluctuations on the habitat and abundance of colonial birds in the Volga delta in 1974–2009. *Proceedings of the Astrakhan State Natural Biosphere Reserve.* Astrakhan, 2009; 14:6–12 (In Russ.).
13. Geptner V. G. General zoogeography. Moscow, Leningrad: Biomedgiz; 1936:547 (In Russ.).
14. Darlington F. Zoogeography. Moscow: Progress; 1966:518 (In Russ.).
15. Koblik E. A., Redkin Ya. A., Arkhipov V. Yu. List of birds of the Russian Federation / E.A. Koblik, Moscow; 2006:288 (In Russ.).
16. *Red Book of the Astrakhan Region.* Compilers: V. N. Pilipenko, M. V. Lozovskaya, V. I. Zakutnova, A. P. Laktionov, Yu. S. Chuikov, M. I. Pirogovsky, V. V. Fedorovich, G. M. Rusanov, D. V. Bondarev, N. N. Gavrilov, N. D. Reutsky, A. T. Bozhansky, O. A. Kokin, V. E. Afanasyev, A. V. Zimin, V. Yu. Andreev, O. V. Voloboeva, N. O. Meshcheryakova, G. A. Lozovskaya, A. S. Busalova, M. I. Faizova. Astrakhan: Astrakhan State University. Publishing house "Astrakhan University"; 2014:413 (In Russ.).
17. *Red Book of the Russian Federation. Animals.* Moscow; 2020:860 (In Russ.).
18. Lugovoi A. E. Birds of the Volga River Delta. *Proceedings of the Astrakhan Nature Reserve.* Astrakhan, 1963; 9–185 (In Russ.).
19. Nikolaev V. I. To the avifauna of the northern part of the Astrakhan region. *Russian Ornithological Journal*. 2017; 26(1401):480–483 (In Russ.).
20. Perkovsky M. N., Meshcheryakova N. O., Gavrilov N. N. Colonial nesting sites of Pelicaniformes and Ciconiiformes in the Volga River delta from 2009 to 2017. *Proceedings of the Astrakhan State Natural Biosphere Reserve*, Astrakhan, 2018; 17:231–249 (In Russ.).
21. Perkovsky M. N., Arustamov E. A., Pavlova I. E., Chuikov Yu. S. Retrospective analysis of ornithological research in the Volga delta. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, 2018; 1(43):221–229 (In Russ.).
22. Pirogov N. G. "Green Garden" and its avifauna (Bogdinsko-Baskunchaksky Nature Reserve). *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, 2023; 2(74):192– 204 (In Russ.).
23. Pirogov N. G. New bird species of the Bogdinsko-Baskunchaksky Nature Reserve. *Biological diversity of natural and anthropogenic landscapes: study and protection : collection of materials from the II International Scientific and Practical Conference.* Astrakhan; 2021:163–165 (In Russ.).
24. Ravkin E. S., Chelintsev N. G. *Instructions for comprehensive bird registration on the territory of the USSR.* Moscow; 1990:33 (In Russ.).
25. Reutsky N. D., Gavrilov N. N. Cadastral characteristics of the state of colonies of wavy and copepod birds in the Volga delta and Western substeppe ilmens. *Proceedings of the Astrakhan State Natural Biosphere Reserve.* Astrakhan. 2009; 14:6–12 (In Russ.).
26. Reutsky N. D. An annotated list of birds of the Astrakhan region indicating their distribution among natural-territorial complexes. (Part one). *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2014; 1(27):159–208 (In Russ.).
27. Reutsky N. D. An annotated list of birds of the Astrakhan region indicating their distribution among natural-territorial complexes. (Part two). *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2014; 2(28):121–159 (In Russ.).
28. Reutsky N. D. An annotated list of birds of the Astrakhan region indicating their distribution among natural-territorial complexes. (Part three). *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2014; 3(29):91–153 (In Russ.).
29. Reutsky N. D. An annotated list of birds of the Astrakhan region indicating their distribution among natural-territorial complexes. (Part four). *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2014; 4(30):109 (In Russ.).

30. Reutsky N. D. An annotated list of birds of the Astrakhan region indicating their distribution among natural-territorial complexes. (Part five). *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2015; 1(31):75–108 (In Russ.).

31. Rusanov G. M. Species composition and population density of birds in the ilmen-hilly areas of the Volga delta. *Proceedings of the Astrakhan State Natural Biosphere Reserve.* Astrakhan, 2018; 17:205–222 (In Russ.).

32. Rusanov G. M. Birds of the Bogdinsko-Baskunchaksky Nature Reserve. *Natural complex of the Bogdinsko-Baskunchaksky State Nature Reserve and its protection: Proceedings of the Bogdinsko-Baskunchaksky State Nature Reserve.* 1998; 1:97–117 (In Russ.).

33. Rusanov G. M., Reutsky N. D., Litvinova N. A., Gavrilov N. N. Rare species of birds of the Volga delta and adjacent territories. *Russian Ornithological Journal*. 2017; 26(1510):4277–4281 (In Russ.).

34. Tishkov A. A. Strategy for the conservation of biodiversity of arid ecosystems. *Problems of conservation of biodiversity of arid regions of Russia*. Volgograd; 1998:84 (In Russ.).

35. *Federal Law on Animal World dated April 24.* 1995. No. 52-FZ (latest edition).

36. Khlebnikov V. A. List of birds of the Astrakhan region with their distribution according to the nature of their stay in the region. *Materials for the knowledge of the nature of the Astrakhan region.* 1928; 1(3):40 (In Russ.).

37. Khlebnikov V. A. 1930. Birds of the Astrakhan region. *Yearbook of the Astrakhan Museum of Local Lore. Museum catalogue. Zool. Department. Birds.* Astrakhan; 1930:1–31 (In Russ.).

38. Chuikov Yu. S. Vladimir Alekseevich Khlebnikov – «unknown» ornithologist. *Russian Ornithological Journal.* 2011; 20(673):1411–1419 (In Russ.).

39. Chuikov Yu. S. «Birds of the Astrakhan Region» – the unfulfilled dreams of V.A. Khlebnikova. *Russian Ornithological Journal.* 2011; 20(689):1851–1865 (In Russ.).

40. Yakovlev V. List of birds found in the Astrakhan province. *Bull. MOIP*; 1872:81–84 (In Russ.).

Информация об авторах

Валов М. В. – кандидат географических наук, доцент;
Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор;
Колчин Е. А. – кандидат географических наук, доцент;
Беляев Д. Ю. – магистрант.

Information about the authors

Valov M. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Barmin A. N. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor;
Kolchin E. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Belyaev D. Yu. – master's student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.12.2023; одобрена после рецензирования 11.01.2024; принята к публикации 22.01.2024.

The article was submitted 20.12.2023; approved after reviewing 11.01.2024; accepted for publication 22.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 32–39.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):32–39 (In Russ.).

Научная статья
УДК 502.55
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_32

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ РЕГИОНА НА ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ В ПРЕМИАЛЬНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЛАХ

Васильев Владимир Анатольевич[1], Реснянская Анна Станиславовна[2]✉
[1]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
[1]osmiy.7272@mail.ru
[2]resnyanskaya-as@yandex.ru✉

Аннотация. Характеристики фракционирования стабильных изотопов $^{13}C/^{12}C$;$^{18}O/^{16}O$;$^{2}H/^{1}H$ напрямую зависят от географического положения региона происхождения растительного сырья и способов ассимиляции атмосферного углерода. В работе проанализированы зависимости между геоклиматическими характеристиками региона (долгота, широта, высота над уровнем моря, количество выпавших осадков, среднегодовые температуры), фотосинтетическими процессами и величиной относительного отклонения стабильных изотопов для премиальных растительных масел. Проведена оценка влияния различных физических и химических факторов, лежащих в основе фракционирования стабильных изотопов в растительных маслах. Проанализирована роль масс-спектроскопии стабильных легких изотопов (IRMS) в целях установления числовых характеристик фракционирования. Показана возможность использования данных по изотопному фракционированию в целях выявления фальсификации географического происхождения премиальных растительных масел на основе построения дискриминационных математических моделей с использованием хемометрических методов. При этом установлено, что достоверность дискриминации образцов по географическому положению напрямую зависит от массива используемых первичных данных и их актуальности.

Ключевые слова: идентификация географического происхождения, изотопное фракционирование, растительные масла, методы IRMS, реакции изотопного обмена, термодинамическое фракционирование, кинетическое фракционирование, кислотный метаболизм толстянковых, цикл Хэтча – Слэка, ископаемые остатки белемнитов

Для цитирования: Васильев В. А., Реснянская А. С. Оценка влияния географического положения региона на фракционирование изотопов $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ в премиальных растительных маслах // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 32–39. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_32.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE REGION GEOGRAPHICAL POSITION ON THE FRACTIONATION OF ISOTOPES $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ IN PREMIUM VEGETABLE OILS

Vladimir A. Vasiliev[1], Anna S. Resnyanskaya[2]✉
[1]Don State Technical University
[2]Astrakhan Tatishchev State University
[1]osmiy.7272@mail.ru
[2]resnyanskaya-as@yandex.ru✉

Abstract. The fractionation characteristics of stable isotopes $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ directly depend on the geographical location of the plant raw material source region and the atmospheric carbon assimilation methods of the process. The article analyses dependencies between geoclimatic characteristics of the region (longitude, latitude, altitude above sea level, amount of precipitation, average annual temperature) photosynthetic processes and the value of relative deviation of stable isotopes for premium vegetable oils. The article conducts assessment of influence of various physical and chemical factors underlying fractionation of stable isotopes in vegetable oils. The role of mass spectroscopy of stable light isotopes (IRMS) in order to establish numerical characteristics of fractionation has been analyzed. The article shows the possibility of using data on isotopic fractionation in order to detect falsification of geographical origin of premium vegetable oils on the basis of construction of discriminatory mathematical models using chemometric methods. It has been established that the validity of geographical location discrimination depends directly on the amount of primary data used and their relevance.

Keywords: geographical identification, isotopic fractionation, vegetable oils, IRMS methods, isotopic exchange reactions, thermodynamic fractioning, kinetic fractioning, acid metabolism of Tolstoyans, Hatch-Slack cycle, Belemnite fossils

© Васильев В. А., Реснянская А. С., 2024.

For citation: Vasiliev V.A., Resnyanskaya A.S. Assessment of the impact of the region geographical position on the fractionation of isotopes $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ in premium vegetable oils. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):32–39. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_32 (In Russ.).

Углерод, кислород и водород являются важнейшими элементами биосферы. В природе углерод находится в восстановленной (органические соединения и уголь) и окисленной формах (карбонатные минералы и диоксид углерода). Углерод имеет два стабильных изотопа: ^{12}C = 98,89 % и ^{13}C = 1,11 %. Кроме того, на Земле встречается радиоактивный изотоп ^{14}C, который образуется в верхних слоях атмосферы при ядерных реакциях на стабильном изотопе ^{14}N. Изотопный состав углерода выражается с помощью величины $\delta^{13}C$ [3]. Изотопное фракционирование – это процесс, в результате которого по средствам ряда реакций происходит изменение соотношений лёгкого и тяжелого изотопов углерода. Величина колебаний достигает 10 % по содержанию $\delta^{13}C$. Физической основой фракционирования изотопов является разность в их массе и энергии межатомного взаимодействия и, как следствие, разная реакционная способность. В одной из наиболее используемых в настоящий момент моделей принято сопоставлять эти различия как разность колебательных частот [6]. Данная модель основывается на допущении, что молекулу можно представить как гармонический осциллятор, что в большинстве случаев не оправдано. В реальных условиях на протекание реакций изотопного обмена влияет целый ряд факторов, которые принято условно делить на термодинамические и кинетические. Термодинамическое фракционирование отражает различия в константах равновесия для изотопных соединений. Кинетическое фракционирование отражает различия в константах скорости для изотопных соединений. Кинетическое фракционирование обычно больше термодинамического. При этом термодинамическое фракционирование аддитивно, кинетическое – нет [22]. Вклад фракционирования за счет растворения CO_2 в воде не превышает – 1,1 ‰; диффузии CO_2 в воздухе – 4,4 ‰; диффузии CO_2 в водном растворе – 0,7‰, а ферментативное карбоксилирование при участии Рибулозо-1,5-бисфосфаткарбоксилазы / оксигеназы (RuBisCO) – 29,0 ‰ [12, 23, 24, 28]. Кислород имеет три стабильных изотопа – ^{16}O самый распространённый, его доля составляет 99,757 %, ^{17}O 0,038 % и ^{18}O 0,205 %, на долю изотопа водорода ^{1}H (протия) приходится 0,99984 % ^{2}H (дейтерия) 0,00016 %.

Молекула углекислоты, содержащая C^{13} изотоп, обладает меньшей летучестью и растворимостью в воде, поэтому обогащает осадочные породы. Молекулы воды, обогащённые тяжёлыми изотопами ^{18}O и ^{2}H, обладают меньшим давлением насыщенного пара и поэтому имеют меньшую летучесть и легче конденсируются. Поэтому тяжёлыми изотопами в наибольшей степени обогащены воды Мирового океана. При испарении воды в атмосферную влагу переходят в первую очередь лёгкие изотопы ^{16}O и ^{1}H, в результате фракционирования соотношение изотопов кислорода и водорода смещается в отрицательную область. При конденсации атмосферной влаги в результате выпадения осадков в первую очередь, напротив, будут конденсироваться ^{18}O и ^{2}H изотопы. Поэтому естественно, что чем дальше регион находится от Мирового океана, тем в большей степени будет обеднён состав атмосферной и грунтовой воды тяжёлыми изотопами. Помимо этого, от географического положения региона (долготы, широты, розы ветров, климата, течений, высоты над уровнем моря и т. д.) зависит кратность фракционирования т. е. количество циклов испарение– конденсация, а следовательно, характер изотопного фракционирования $^{2}H/^{1}H$, $^{18}O/^{16}O$, $^{13}C/^{12}C$. Подобная уникальность делает возможным использовать данные по изотопному составу, почв, атмосферы, подземных вод, пищевых и непищевых продуктов для идентификации места происхождения товара [2].

Если фракционирование изотопов кислорода и водорода связано преимущественно круговоротом воды в природе, то фракционирование углерода во многом связано с биохимическими процессами в растениях. Большинство растений ассимилируют атмосферный углерод через цикл Кельвина (C_3-путь) в трёхуглеродное состояние. Целый ряд других растений, включая кукурузу, сахарный тростник, сорго, фиксируют углекислоту через цикл Хэтча – Слэка с образованием четырёхуглеродных дикарбоновых кислот (C_4-путь). Третий фотосинтетический класс растений использует путь САМ «кислотный метаболизм толстянковых», распространённый в основном среди суккулентов. Одной из ключевых реакций в цикле Кельвина является карбоксилирование рибулозо-1,5-дифосфата с образованием двух молекул 3-фосфоглицериновой кислоты (3-ФГК) под действием фермента рибулозодифосфаткарбоксилазы (КФ 4.1.1.39). Отличительной особенностью данного фермента является его способность дискриминировать углерод по изотопному составу, преимущественно используя более лёгкий ^{12}C. Растения, использующие C_3-путь ассимиляции, более истощены по изотопу ^{13}C по сравнению с C_4-растениями, а САМ путь ассимиляции даёт промежуточные значения.

В настоящее время для оценки изотопного состава веществ наибольшее распространение получили подходы, основанные на определении изотопного состава лёгких стабильных элементов (IRMS). В зависимости от способа ввода образца, переподготовки, механизма разделения компонентов IRMS методы подразделяются на: TC/EA-IRMS (проба вводится через элементный анализатор), GC-C-IRMS (проба вводится через газовый хроматограф), HPLC-co-IRMS (проба вводится через жидкостной хроматограф) и ряд других комбинаций оборудования. Использование абсолютных значений изотопных отношений неудобно, и поэтому используют относительные значения δ (дельта), которые могут быть измерены с большей точностью. Значения δ (дельта) представляют собой отклонения (как провело в тысячных долях (промиле ‰) от условного стандарта [1]. В качестве условного стандарта для углерода выбраны ископаемые остатки белемнитов, а для кислорода и водорода – океаническая вода [10].

Таблица 1 – Стандарты изотопного состава углерода кислорода водорода МАГАТЭ

Название	Изотопы	Изотопное отношение	Воспроизводимость (α = 0,95)	Атомный состав
Vienna Standard MeanOceanWater (VSMOW)	$^{2}H/^{1}H$	0,00015576	±0,00000010	0,000155736
Vienna Standard MeanOceanWater (VSMOW)	$^{18}O/^{16}O$	0,00200520	±0,00000043	0,002000443
Pee DeeBelemnite (PDB)	$^{13}C/^{12}C$	0,0112372	±0,0000090	0,011112329

Отклонения изотопного состава образца от выбранного стандарта вычисляются по формуле (1):

$$\partial E = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \cdot 1000, ‰, \quad (1)$$

где ∂E – относительное изотопное отклонение химического элемента;

R_1 – молярное отношение тяжелых и легких изотопов в исследуемом образце;

R_2 – молярное отношение тяжелых и легких изотопов в стандарте;

‰ – промилле.

Прямым следствием формулы является то, что если образец содержит меньше тяжёлых изотопов элемента по отношению к стандарту, то значения δ уходят в отрицательную область, если наоборот, то в положительную.

Уникальность и результативность методов IRMS обусловила их широкое распространение в практике подтверждения подлинности и региона происхождения пищевых продуктов, в том числе мёда, соков, растительных масел и винодельческой продукции [5, 8, 18, 19, 21, 26]. IRMS-методы позволяют с высокой точностью осуществлять охрану географических понятий, в том числе географическое обозначение происхождения (Protecteddesignation of origin – PDO) и охраняемое географическое указание (Protected geographical indication – PGI). Первое понятие более строгое и предполагает производство товара из строго оговоренного исходного сырья и исключительно в обозначенном месте региона, второе допускает, чтобы только один из процессов приготовления продукта осуществлялся в названном регионе. Исторически данная дискредитация относилась к винодельческой продукции, и поэтому метод IRMS начали использовать в этих целях ещё в середине восьмидесятых годов прошлого века. К настоящему времени в России накоплен большой опыт применения методов IRMS (EA и GS) в практической деятельности аналитических лабораторий, контролирующих качество алкогольной продукции. Масштабы использования данных методик, в том числе для рутинного анализа, иллюстрирует таблица 2.

Успехи использования данных по изотопному фракционированию в винодельческой продукции привели к быстрому распространению данного метода для целей установления региона происхождения других пищевых продуктов, в том числе растительных масел. В большинстве работ, посвящённых установлению подлинности и аутентически пищевых растительных масел методом IRMS, в качестве объекта исследования выступает оливковое масло как прямого отжима так экстракционное, что обусловлено его отнесением к продуктам премиум-сегмента. При этом исследователи не пошли по пути ранних работ по IRMS пищевых продуктов, а начали систематизировать большие массивы данных по вариациям соотношений изотопов $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$. Исследование данных характеристик, проведенное на протяжении десятилетий в различных регионах Греции с последующей обработкой полученных результатов методами хемометрики, позволило создать дискриминационные зависимости между погодными условиями, расположением региона, способом получения масла, составом воды из природных источников и изотопными соотношениями [17]. В последующих работах регион исследований расширился и охватил все три средиземноморские страны: Францию, Италию и Турцию.

Таблица 2 – Нормативная документация на IRMS-исследования алкогольной продукции

Наименование метода	НД
Методика измерений отношения изотопов этанола в фруктовых винах и сидрах методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2016.24753
Методика измерений отношения изотопов углерода, кислорода, водорода этанола для выявления присутствия синтетического спирта в алкогольной продукции, а также в спиртосодержащих пищевых ароматизаторах методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2017.28360
Методика измерений отношения изотопов $^{13}C/^{12}C$ этанола в спиртных напитках виноградного происхождения методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2014.1727
Методика измерений отношения изотопов $^{13}C/^{12}C$ этанола в пиве и пивных напитках методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2012.13424
Методика измерений отношения изотопов кислорода $^{18}O/^{16}O$ экзогенной и эндогенной воды в винах и суслах методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2013.15529
Методика выполнения измерений отношения изотопов $^{13}C/^{12}C$ спиртов и сахаров в виноградных суслах и винах методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2010.07856
Методика выполнения измерений отношения изотопов $^{13}C/^{12}C$ диоксида углерода в игристых винах методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2011.09779
Методика измерений отношения изотопов $^{13}C/^{12}C$ спиртов в винах методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2013.14592
Методика измерений отношения изотопов кислорода $^{18}O/^{16}O$ водной компоненты сидров и пуаре методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2018.31997
Методика измерений отношения изотопов углерода, кислорода, водорода этанола для выявления присутствия синтетического спирта в спиртных напитках виноградного происхождения и сырье для их производства методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2020.37049
Методика измерений отношений изотопов углерода, кислорода, водорода этанола для выявления присутствия мелассного спирта в спиртных напитках виноградного происхождения и сырье для их производства методом изотопной масс-спектрометрии	ФР.1.31.2021.38807

В приводимых ниже формулах учитывается взаимосвязь географического расположения региона: долгота, широта, удалённость от океана с изотопным фракционированием $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ [14–16].

$$\partial\, 13C(2016) = -42{,}24 + 0{,}24 \cdot N° + 0{,}02 \cdot W° - 0{,}01 \cdot O + 0{,}22 \cdot T_{ср}° + 0{,}01 \cdot So \quad (2)$$

$$\partial 13C(2017) = -39{,}91 + 0{,}20 \cdot N° + 0{,}02 \cdot W° - 0{,}01 \cdot O + 0{,}10 \cdot T_{ср}° + 0{,}01 \cdot So \quad (3)$$

$$\partial 18O(2016) = 27{,}61 - 0{,}68 \cdot N° + 0{,}08 \cdot W° + 0{,}01 \cdot O - 0{,}14 \cdot T_{ср}° + 0{,}02 \cdot So \quad (4)$$

$$\partial 18O(2017) = 55{,}68 - 0{,}67 \cdot N° - 0{,}02 \cdot W° - 0{,}01 \cdot O - 0{,}28 \cdot T_{ср}° + 0{,}01 \cdot So \quad (5)$$

$$\partial 2H(2016) = -83{,}92 - 2{,}83 \cdot N° + 0{,}03 \cdot W° + 0{,}03 \cdot H + 0{,}05 \cdot O + 1{,}01 \cdot T_{ср}° + 0{,}02 \cdot So \quad (6)$$

$$\partial 2H(2017) = -235{,}01 + 0{,}7 \cdot N° - 0{,}34 \cdot W° + 0{,}03 \cdot H + 0{,}03 \cdot O + 2{,}15 \cdot T_{ср}° + 0{,}04 \cdot So \quad (7)$$

где N – северная широта;

W – восточная долгота;

O – количество выпавших осадков, мм;

T° – среднегодовая температура;

S_0 – расстояние до океана, км;

H – высота над уровнем моря.

Формулы 2–7 позволяют оценить влияние географического положения региона: долготы, широты, удалённости от Мирового океана, высоты над уровнем моря, а также климатических условий: среднегодовой температуры и количества выпавших осадков на изотопное фракционирование $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$. Данные закономерности не являются постоянными и требуют ежегодной корреляции из-за внутренних колебаний изотопного состава. Поэтому работа в данном направлении требует систематичности на протяжении длительного периода. Международная кооперация с вовлечением большого массива данных и единой информационной базы позволит в максимальной степени обеспечить охрану географических понятий, как это было сделано для винодельческой продукции.

Другим направлением повышения достоверности дискриминации растительных масел по географическому региону происхождения сырья является комбинация методов IRMS $^{13}C/^{12}C$, $^{18}O/^{16}O$, $^{2}H/^{1}H$ с элементным анализом по маркерным элементам и их соотнесение с минералогическими показателями почв. Данный подход дал хорошие результаты для определения подлинности образцов итальянского и турецкого масла оливы. Единая математическая модель, основанная на результатах изотопного и минералогического анализа 539 образов оливкового

масла, позволила точно дифференцировать географическое положение места производства. В качестве маркеров было использовано 26 микроэлементов [5, 10, 20].

Биохимические группы соединений также неоднородны по изотопному составу. Углеводы, являясь первичным продуктом фотосинтеза, менее обеднены ^{13}C по сравнению с липидной фракцией. Белковая часть наиболее обогащена тяжёлыми изотопами, при этом сосредоточены они преимущественно в карбоксильных группах аминокислот. Растительные жиры также не однородны по своему изотопному составу. В триглицеридах наиболее обеднён тяжёлыми изотопами углерода глицерин, в то время как жирные кислоты содержат их в относительно большем количестве. Так, в работе китайских исследователей были проанализированы образцы различных масел, отобранных на рынках Гуанчжоу. В целях выявления фальсификаций исслеживался состав жирных кислот и определение в них соотношения $^{13}C/^{12}C$. Проводился анализ масел камелии, маиса, оливы, арахиса подсолнечника. Как и следовало ожидать, наименее обеднены изотопом ^{13}C оказались жирные кислоты кукурузы, при этом чёткой корреляции между строением жирных кислот и изотопными характеристиками обнаружено не было [11]. Сходные выводы были получены и ранее при анализе десятков образцов растительных масел со всех континентов [27].

Методы изотопной масс-спектрометрии широко используются и анализе других растительных масел. В одной из ранних работ, посвящённых изотопному анализу масел, приводятся средние значения соотношений изотопов $^{13}C/^{12}C$ для целого ряда растительных масел. Эти данные приводятся в таблице 3 [20].

Таблица 3 – Среднее соотношение $^{13}C/^{12}C$ для масел из различного сырья

Масленичное сырьё	δ13C (‰, versus PDB)	Масленичное сырьё	δ13C (‰, versus PDB)
Какао-масло	–28,3	Арахис	27,8
Кукуруза (маис)	–15,0	Семена рапса	–28,6
Хлопковое семя	–27,8	Кунжут	–27,9
Льняное семя	26,2	Соевые бобы	–30,1
Олива	–28,7	Подсолнух	–26,0
Пальма	–29,6	Зародыш пшеницы	–26,0

Учитывая важность риса и продуктов его переработки для азиатских стран, а также большое ценовое различие между ординарными и премиальными производителями, в странах юго-восточного региона актуальной проблемой становится дискриминация образцов риса и рисового масла по географическому положению. Анализ характера фракционирования стабильных изотопов $^{13}C/^{12}C$;$^{18}O/^{16}O$;$^{2}H/^{1}H$ нескольких сотен образцов риса и рисового масла, произведённых в различных регионах Южной Кореи и Японии на протяжении 2016–2018 годов, позволил успешно идентифицировать географическую зону произрастания сырья. Проведенное исследование также позволило получить эмпирические зависимости величины изотопного отклонения для кислорода в зависимости от количества выпавших осадков в регионе (формулы 8, 9 для Южной Кореи и Японии соответственно) [4, 20]:

$$\delta 1_8\mathrm{O} = -0.005 \cdot \text{осадки } (mm) + 25.4 \ (R_2 = 0.65, p < 0.0001), \quad (8)$$

$$\delta 1_8\mathrm{O} = -0.001 \cdot \text{осадки } (mm) + 25.2 \ (R_2 = 0.65, p < 0.0001). \quad (9)$$

Выводы. Характеристики фракционирования стабильных изотопов $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ напрямую зависят от географического положения региона происхождения растительного сырья и способов ассимиляции атмосферного углерода. В настоящее время в большинстве стран, производящих премиальные растительные масла, проводятся систематические IRMS-исследования данной группы товаров в целях создания математических моделей, позволяющих достоверно определять их географическое происхождение. Россия имеет огромный потенциал по производству ценных растительных масел: кедровому, облепиховому, амарантовому, тыквенному, арбузному виноградной косточки и целому ряду других. Развитие методов изотопной верификации региона происхождения позволит выявлять низкокачественные зарубежные подделки, что создаст благоприятные условия для местного населения, минимизирует его отток из сельских районов, а также обеспечит достойную конкуренции добросовестным производителям ценных растительных масел.

Список литературы

1. Галимов Э. М., Севастьянов В. С., Кульбачевская Е. В., Голявин А. А. Идентификация географического места происхождения наркотических веществ на основе изотопного анализа углерода и азота // Масс-спектрометрия. 2004. № 1 (1). С. 31–36.
2. Талибова А. Г., Колеснов А. Ю. Оценка качества и безопасности пищевой продукции методом изотопной масс-спектрометрии // Аналитика. 2011. № 1 (1). С. 44–48.
3. Фор Г. Основы изотопной геологии. Москва: Мир, 1989. 592 с.

4. Akamatsu F., Okuda M., Fujii T. 2020. Long-term responses to climate change of the carbon and oxygen stable isotopic compositions and gelatinization temperature of rice // Food Chem. Vol. 315. P. 126239 DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126239.

5. Camin Federica & Larcher Roberto & Perini Matteo & Bontempo Luana & Bertoldi Daniela & Gagliano Giacomo & Nicolini Giorgio & Versini Giuseppe. Characterisation of authentic Italian extra-virgin olive oils by stable isotope ratios of C, O and H and mineral composition // Food Chemistry. 2010. Vol. 118. P. 901–909. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.04.059.

6. Chacko T., Cole D. R., Horita J. Equilibrium Oxygen, Hydrogen and Carbon Isotope. Fractionation factors applicable to geologic systems // Reviews in Mineralogy & Geochemistry. 2001. Vol. 43. P. 1–61.

7. Chen S.-S & Zhong Q.-D & Yu H.-H & Huang Z.-B & Wang D.-B & Dai Q.. Determination of the stable carbon isotopic composition of glycerol in vegetable oils. 2016. Vol. 37. P. 359–365. DOI: 10.7538/zpxb.2016.37.04.0359.

8. Elflein Lutz & Raezke Kurt-Peter. Improved detection of honey adulteration by measuring differences between $^{13}C/^{12}C$ stable carbon isotope ratios of protein and sugar compounds with a combination of elemental analyzer – Isotope ratio mass spectrometry and liquid chromatography – Isotope ratio mass spectrometry ($\delta^{13}C$-EA/LC-IRMS) // Apidologie. 2008. Vol. 39. P. 574–587. DOI: 10.1051/apido:2008042.

9. Ghidini S., Ianieri A, Zanardi E., Conter M., Boschetti T., Iacumin P., Bracchi P.G. Stable isotopes determination in food authentication: a review // Universita di Parma, Annali Della Facolta Di Medicina Veterinaria. 2006. Vol. XXVI. P. 193–204.

10. Gümüş Zinar & Çelenk Veysel & Tekin Serkan & Yurdakul Onur & Ertas Hasan. Determination of trace elements and stable carbon isotope ratios in virgin olive oils from Western Turkey to authenticate geographical origin with a chemometric approach // European Food Research and Technology. 2017. Vol. 243. DOI: 10.1007/s00217-017-2876-4.

11. Guo Lian-Xian & Liang F.-R & Liang Y. & Wang Jiang-Hai. Discrimination of the adulteration of commercial veg. 2014.

12. Hesterberg R. and U. Siegenthaler. Production and stable isotopic composition of CO_2 in a soil near Bern, Switzerland // Tellus. 1991. Vol. 43B. P. 197–205.

13. Horacek Micha & Hansel-Hohl Karin & Burg Kornel & Soja Gerhard & Okello-Anyanga Walter & Fluch Silvia. Control of Origin of Sesame Oil from Various Countries by Stable Isotope Analysis and DNA Based Markers – A Pilot Study // PloS one. 2015. Vol. 10. P. e0123020. DOI: 10.1371/journal.pone.0123020.

14. Jiménez-Morillo Nicasio T. et.al. Combination of Stable Isotope Analysis and Chemometrics to Discriminate Geoclimatically and Temporally the Virgin Olive Oils from Three Mediterranean Countries // Foods. 2020. P. 9.

15. Jiménez-Morillo N. T., Cabrita M. J., Barrocas-Dias C., González-Vila F. J., González-Pérez J. A. Pyrolysis-compound-specific hydrogen isotope analysis (_2H Py-CSIA) of Mediterranean olive oils // Food Control. 2020. Vol. 110. P. 107023.

16. Jiménez-Morillo N. T., Palma V., Garcia R., Pereira J. A., Barrocas-Dias C., Cabrita M. J. Multivariategeostatistical analysis of stable isotopes in Portuguese varietal extra virgin olive oils // Microchem. J. 2020. Vol. 157. P. 105044.

17. Karalis Petros & Halabalaki Maria & Tsakalidou Effie & Proestos Charalampos & Dotsika Elissavet. Isotopic Traceability (^{13}C and ^{18}O) of Greek Olive Oil // Molecules. 2020. Vol. 24. DOI: 10.3390/molecules25245816.

18. Kelly Simon & Rhodes Christopher. Emerging techniques in vegetable oil analysis using stable isotope ratio mass spectrometry // Grasas y Aceites. 2002. Vol. 53. P. 288. DOI: 10.3989/gya.

19. Kolesnov Alexander & Tsimbalaev Sergey & Sholz-Kulikov E.P. & Geok V.N. GC-IRMS/SIRA mass-spectrometry of stable carbon isotopes $^{13}C/^{12}C$ in volatile organic compounds // Analytics. 2018. Vol. 40. P. 264–272. DOI: 10.22184/2227-572X.2018.40.3.264.272.

20. Lučić Mavro & Jukić Špika Maja & Mikac Nevenka & Poscic Filip & Rengel Zed & Romic Marija & Bakic Helena & Fiket Željka & Furdek Turk Martina & Bačić Niko & Leder Renata & Petric Ivana & Urlić Branimir & Žanetić Mirella & Runjić Marko & Vuletin Selak Gabriela & Vitanovic Elda & Klepo Tatjana & Rosin Jaksa & Perica Slavko. Traceability of Croatian extra virgin olive oils to the provenance soils by multielement and carbon isotope composition and chemometrics // Food Chemistry. 2023. Vol. 424. P. 136401. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136401.

21. Mantha M., Kubachka K. M., Urban J. R., Dasenbrock C. O., Chernyshev A., Mark W. A., France C., Chartrand M., Hache J., Decoeur S., Qi H. Economically Motivated Adulteration of Lemon Juice: Cavity Ring Down Spectroscopy in Comparison with Isotope Ratio Mass Spectrometry: Round-Robin Study // J. AOAC Int. 2019 Sept. 1. Vol. 102 (5). P. 1544–1551. DOI: 10.5740/jaoacint.18-0401.

22. O'Leary M. H. and Yapp C. J. Equilibrium isotope effect on a decarboxylation reaction // Biochem. Biophys. Res. Commun. 1978. Vol. 80. P. 155–160.

23. O'Leary M. H. Carbon isotope fractionation in plants // Phytochemistry 1981. Vol. 20. P. 553–567.

24. O'Leary M. H. Measurement of the isotope fractionation associated with diffusion of carbon dioxide in aqueous solution // J. Phys. Chem. 1984. Vol. 88. P. 823–825.

25. Oplinger E. S., Putnam D. H., Kaminski A. R., Hanson C. V., Oelke E. A., Schulte E. E. et al. Alternative Field Crops Manual. 1997. URL: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/sesame.html.

26. Perini Matteo & Strojnik Lidija & Paolini Mauro & Camin Federica. GC/c-IRMS for improving the detection of authenticity of grape must // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2020. Vol. XXXX. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b05952.

27. Simon E. Woodbury Richard P., Evershed J., Barry Rossell. Purity assessments of major vegetable oils based on $\delta^{13}C$ values of individual fatty acids. 01 March 1998. https://doi.org/10.1007/s11746-998-0055-2.

28. Roeske C. A. and O'Leary M. H. Carbon isotope effects on the enzyme-catalyzed carboxylation of ribulose bisphosphate // Biochemistry. 1984. Vol. 23. P. 6275–6284.

References

1. Galimov E. M., Sevastyanov V. S., Kulbachevskaya E. V., Golyavin A. A. Identification of the geographical place of origin of narcotic substances based on isotopic analysis of carbon and nitrogen. *Mass-spectrometry.* 2004; 1(1):31–36 (In Russ.).

2. Talibova A. G., Kolesnov A. Yu. Assessment of the quality and safety of food products by isotope mass spectrometry. *Analytics.* 2011; 1(1):44–48 (In Russ.).

3. For G. *Fundamentals of isotope geology.* Moscow: Mir; 1989:592 (In Russ.).

4. Akamatsu F., Okuda M., Fujii T. Long-term responses to climate change of the carbon and oxygen stable isotopic compositions and gelatinization temperature of rice. *Food Chem.* 2020; 315:126239. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126239.

5. Camin Federica & Larcher Roberto & Perini Matteo & Bontempo Luana & Bertoldi Daniela & Gagliano Giacomo & Nicolini Giorgio & Versini Giuseppe. Characterisation of authentic Italian extra-virgin olive oils by stable isotope ratios of C, O and H and mineral composition. *Food Chemistry.* 2010; 118:901–909. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.04.059.

6. Chacko T., Cole D.R., Horita J. Equilibrium Oxygen, Hydrogen and Carbon Isotope. Fractionation factors applicable to geologic systems. Reviews in Mineralogy & Geochemistry. 2001; 43:1–61.

7. Chen S.-S & Zhong Q.-D & Yu H.-H & Huang Z.-B & Wang D.-B & Dai Q. (2016). Determination of the stable carbon isotopic composition of glycerol in vegetable oils; 37:359–365. DOI: 10.7538/zpxb.2016.37.04.0359.

8. Elflein Lutz & Raezke Kurt-Peter. Improved detection of honey adulteration by measuring differences between $^{13}C/^{12}C$ stable carbon isotope ratios of protein and sugar compounds with a combination of elemental analyzer – Isotope ratio mass spectrometry and liquid chromatography – Isotope ratio mass spectrometry ($\delta^{13}C$-EA/LC-IRMS). Apidologie. 2008; 39:574–587. DOI: 10.1051/apido:2008042.

9. Ghidini S., Ianieri A, Zanardi E., Conter M., Boschetti T., Iacumin P., Bracchi P. G. Stable isotopes determination in food authentication: a review. *Universita di Parma, Annali Della Facolta Di Medicina Veterinaria*, 2006; XXVI:193–204.

10. Gümüş Zinar & Çelenk Veysel & Tekin Serkan & Yurdakul Onur & Ertas Hasan. Determination of trace elements and stable carbon isotope ratios in virgin olive oils from Western Turkey to authenticate geographical origin with a chemometric approach. *European Food Research and Technology*; 2017:243. DOI: 10.1007/s00217-017-2876-4.

11. Guo Lian-Xian & Liang F.-R & Liang Y. & Wang Jiang-Hai. Discrimination of the adulteration of commercial veg. (2014).

12. Hesterberg R. and U. Siegenthaler. 1991. Production and stable isotopic composition of CO_2 in a soil near Bern, Switzerland. Tellus 43B: 197–205 p.

13. Horacek Micha & Hansel-Hohl Karin & Burg Kornel & Soja Gerhard & Okello-Anyanga Walter & Fluch Silvia. Control of Origin of Sesame Oil from Various Countries by Stable Isotope Analysis and DNA Based Markers – A Pilot Study. *PloS one.* 2015; 10:e0123020. DOI: 10.1371/journal.pone.0123020.

14. Jiménez-Morillo Nicasio T. et al. Combination of Stable Isotope Analysis and Chemometrics to Discriminate Geoclimatically and Temporally the Virgin Olive Oils from Three Mediterranean Countries. *Foods*; 2020:9.

15. Jiménez-Morillo N. T., Cabrita M. J., Barrocas-Dias C., González-Vila F. J., González-Pérez J. A. Pyrolysis-compound-specific hydrogen isotope analysis (_2H Py-CSIA) of Mediterranean olive oils. *Food Control.* 2020; 110:107023.

16. Jiménez-Morillo N. T., Palma V., Garcia R., Pereira J. A., Barrocas-Dias C., Cabrita M. J. Multivariategeostatistical analysis of stable isotopes in Portuguese varietal extra virgin olive oils. *Microchem. J.* 2020; 157:105044.

17. Karalis Petros & Halabalaki Maria & Tsakalidou Effie & Proestos Charalampos & Dotsika Elissavet. Isotopic Traceability (^{13}C and ^{18}O) of Greek Olive Oil. *Molecules*; 2020:24. DOI: 10.3390/molecules25245816.

18. Kelly Simon & Rhodes Christopher. Emerging techniques in vegetable oil analysis using stable isotope ratio mass spectrometry. *Grasas y Aceites.* 2002; 53:288. DOI: 10.3989/gya.

19. Kolesnov Alexander & Tsimbalaev Sergey & Sholz-Kulikov E. P. & Geok V. N. GC-IRMS/SIRA mass-spectrometry of stable carbon isotopes $^{13}C/^{12}C$ in volatile organic compounds. *Analytics.* 2018; 40:264–272. DOI: 10.22184/2227-572X.2018.40.3.264.272.

20. Lučić Mavro & Jukić Špika Maja & Mikac Nevenka & Poscic Filip & Rengel Zed & Romic Marija & Bakic Helena & Fiket Željka & Furdek Turk Martina & Bačić Niko & Leder Renata & Petric Ivana & Urlić Branimir & Žanetić Mirella & Runjić Marko & Vuletin Selak Gabriela & Vitanovic Elda & Klepo Tatjana & Rosin Jaksa & Perica Slavko. Traceability of Croatian extra virgin olive oils to the provenance soils by multielement and carbon isotope composition and chemometrics. *Food Chemistry.* 2023; 424:136401. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136401.

21. Mantha M., Kubachka K. M., Urban J. R., Dasenbrock C. O., Chernyshev A., Mark W. A., France C., Chartrand M., Hache J., Decoeur S., Qi H. Economically Motivated Adulteration of Lemon Juice: Cavity Ring Down Spectroscopy in Comparison with Isotope Ratio Mass Spectrometry: Round-Robin Study. *J. AOAC Int.* 2019 Sept. 1; 102(5):1544–1551. DOI: 10.5740/jaoacint.18-0401.

22. O'Leary M. H. and Yapp C. J. Equilibrium isotope effect on a decarboxylation reaction. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1978; 80:155–160.

23. O'Leary M. H. Carbon isotope fractionation in plants. *Phytochemistry.* 1981; 20:553–567.

24. O'Leary M. H. Measurement of the isotope fractionation associated with diffusion of carbon dioxide in aqueous solution. *J. Phys. Chem.* 1984; 88:823–825.

25. Oplinger E. S., Putnam D. H., Kaminski A. R., Hanson C. V., Oelke E. A., Schulte E. E. et al. Alternative Field Crops Manual. 1997. Available at: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/sesame.html.

26. Perini Matteo & Strojnik Lidija & Paolini Mauro & Camin Federica. GC/c-IRMS for improving the detection of authenticity of grape must. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 2020:XXXX. DOI: 10.1021/acs. jafc.9b05952.

27. Simon E. Woodbury, Richard P. Evershed, J. Barry Rossell. Purity assessments of major vegetable oils based on δ13C values of individual fatty acids. 01 March 1998. https://doi.org/10.1007/s11746-998-0055-2.

28. Roeske C. A. and O'Leary M. H. Carbon isotope effects on the enzyme-catalyzed carboxylation of ribulose bisphosphate. *Biochemistry.* 1984; 23:6275–6284.

Информация об авторах

Васильев В. А. – кандидат химических наук, доцент кафедры техники и технологии пищевых производств;

Реснянская А. С. – кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной и прикладной химии.

Information about the authors

Vasiliev V. A. – Candidate of Sciences (Chemical), Associate Professor of Department of Engineering and Technology of Food Production;

Resnyanskaya A. S. – Candidate of Sciences (Chemical), Associate Professor of Department of Fundamental and Applied Chemistry.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.11.2023; одобрена после рецензирования 13.12.2023; принята к публикации 11.01.2024.

The article was submitted 30.11.2023; approved after reviewing 13.12.2023; accepted for publication 11.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 40–44.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):40–44 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.054
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_40

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДЕЛЬТОВОЙ ЧАСТИ РЕКИ ВОЛГИ ТРОСТНИКОМ ЮЖНЫМ (*PHRAGMITES AUSTRALIS L.*)

Великородов Анатолий Валериевич[1]✉, Носачев Святослав Борисович[2], Тырков Алексей Георгиевич[3], Ковалев Вячеслав Борисович[4]
[1,2,3]Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, г. Астрахань, Россия
[4]Институт фундаментальных проблем биологии ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», г. Пущино, Россия
[1]avelikorodov@mail.ru✉
[2]sbn86chem@yandex.ru
[3]tyrkov@rambler.ru
[4]kovalevchemne@mail.ru

Аннотация. Тростник обыкновенный произрастает большими массивами в поймах рек, по берегам прудов и озер, на побережье морских лиманов, а также по берегам загрязнённых промышленными стоками водоемов, прудов-отстойников, полей фильтрации. Эти растения способны выживать в условиях интенсивных промышленных загрязнений и при этом обладают уникальной способностью аккумулировать в своих тканях растворенные в воде химические вещества и тем самым очищать почвенно-водную среду. Проведены исследования по аккумуляции тяжёлых металлов из водной среды различными вегетативными частями тростника обыкновенного. Найдено, что содержание тяжёлых металлов в вегетативных частях *Phragmites australis* L. варьируется от 0,013 до 25456 мг в пересчете на килограмм воздушно-сухого сырья. Концентрация Zn изменяется в пределах 23,3–25456 мг/кг, Cu 0,643–1,989 мг/кг, Fe 42,432–354,615, Pb 0,035–1,957 мг/кг. Концентрация Cd составляет в различных частях тростника от 0 до 0,165 мг/кг, а Mn – от 0,612 до 1,842 мг/кг. Показано наличие существенных различий по накоплению ряда тяжёлых металлов в различных вегетативных частях растения тростника обыкновенного. Обнаружено значительное накопление цинка, железа, а также свинца в корнях и подводной части стебля. Отмечено пониженное содержание тяжёлых металлов в соцветиях и листьях. В старых листьях, расположенных в нижней части стебля тростника, замечено повышение содержания цинка почти в 3 раза, а свинца – в 6–7 раз по сравнению с молодыми, активно ассимилирующими листьями. Концентрация меди наоборот уменьшилась в 1,5–3 раза, что свидетельствует о её активном оттоке в другие части растения. Наиболее загрязненной тяжёлыми металлами вегетативной частью тростника обыкновенного являются корни, о чем дополнительно свидетельствует повышенная зольность этой части расти растения.

Ключевые слова: тростник обыкновенный, зольность, тяжёлые металлы, аккумуляция, вода, донные отложения, количественный анализ, атомно-абсорбционная спектроскопия, река Кутум, Астраханская область

Для цитирования: Великородов А. В., Носачев С. Б., Тырков А. Г., Ковалев В. Б. Аккумулирование тяжёлых металлов в дельтовой части реки Волги тростником южным (*Phragmites australis L.*) // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 40–44. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_40.

ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE DELTA OF THE VOLGA RIVER BY SOUTHERN REED (*PHRAGMITES AUSTRALIS L.*)

Anatoly V. Velikorodov[1]✉, Svyatoslav B. Nosachev[2], Aleksey G. Tyrkov[3], Vyacheslav B. Kovalev[4]
[1, 2, 3]Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
[4]Institute of Fundamental Problems of Biology, Federal Research Center "Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences", Pushchino, Russia
[1]avelikorodov@mail.ru✉
[2]sbn86chem@yandex.ru
[3]tyrkov@rambler.ru
[4]kovalevchemne@mail.ru

Abstract. Common reed grows in large tracts in floodplains of rivers, along the banks of ponds and lakes, on the coast of sea estuaries, as well as along the banks of reservoirs polluted by industrial wastewater, settling ponds, and filtration fields. These plants are able to survive in conditions of intense industrial pollution and at the same time have a unique ability to accumulate chemicals dissolved in water in their tissues and thereby cleanse the soil and water environment. Research has been carried out on the accumulation of heavy metals from the aquatic environment by various vegetative parts of common reed. It was found that the content of heavy metals

© Великородов А. В., Носачев С. Б., Тырков А. Г., Ковалев В. Б., 2024.

in the vegetative parts of *Phragmites australis* L. varies from 0.013 to 25456 mg per kilogram of air-dried raw materials. The concentration of Zn varies within the range of 23.3–25456 mg/kg, Cu 0.643–1.989 mg/kg, Fe 42.432–354.615, Pb 0.035–1.957 mg/kg. The concentration of Cd in different parts of the reed ranges from 0 to 0.165 mg/kg, and Mn from 0.612 to 1.842 mg/kg. It was shown that there are significant differences in the accumulation of a number of heavy metals in various vegetative parts of the common reed plant. A significant accumulation of zinc, iron, and lead was discovered in the roots and underwater part of the stem. A reduced content of heavy metals in inflorescences and leaves was noted. In old leaves located in the lower part of the reed stem, an increase in zinc content by almost 3 times, and lead by 6–7 times was observed compared to young, actively assimilating leaves. On the contrary, the concentration of copper decreased by 1.5–3 times, which indicates its active outflow to other parts of the plant. The vegetative part of common reed that is most contaminated with heavy metals is the roots, which is further evidenced by the increased ash content of this part of the growing plant.

Keywords: common reed, ash content, heavy metals, accumulation, water, bottom sediments, quantitative analysis, atomic absorption spectroscopy, Kutum River, Astrakhan region

For citation: Velikorodov A. V., Nosachev S. B., Tyrkov A. G., Kovalev V. B. Accumulation of heavy metals in the delta of the Volga River by southern reed (*Phragmites australis L.*). *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):40–44. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_40 (In Russ.)

Загрязнение тяжёлыми металлами является постоянно растущей проблемой в городской среде во всем мире. В условиях ухудшения экологической обстановки, увеличения степени воздействия человеческой деятельности на водоёмы возрастает интерес к мониторингу содержания тяжелых металлов и других загрязнителей, которые могут накапливаться гидрофитами и гидатофитами. Эти водные растения принимают участие в процессах формирования биологического состояния водоемов, в биотическом балансе и, конечно, в формировании качества воды и в биологической реабилитации различных природных водоёмов [1, 2]. Сообщества гидро- и гидатофитов адсорбируют тяжёлые металлы, сохраняют их концентрацию на определенном уровне в течение вегетационного периода и тем самым способствуют фильтрации и поддержанию качества воды в природных водоемах [3].

Металлы поступают в организмы обитателей водоемов различными путями, в том числе с участием гидрофитов и гидатофитов [4, 5]. Они могут взаимодействовать с молекулами различных веществ и нарушать выполняемые ими биологические функции. Например, ионы таких металлов, как Pb, Sn, Hg, способны прочно связываться с SH-группами органических веществ, что, в свою очередь, вызывает блокировку SH-содержащих белков. Ионы Pb, кроме того, образуют также стабильные комплексы с карбоксильными и фосфатными группами природных полимеров. Все эти процессы определяют токсическое воздействие соединений Pb [6–8].

Загрязняющие вещества, включая тяжёлые металлы, особенно токсичны для молоди рыб. Например, максимальная концентрация Cu, при превышении которой увеличивается смертность мальков форели, равна 0,010–0,017 мг/л. Максимальная концентрация Pb, при превышении которой происходит «деформация» мальков форели равна 0,058–0,12 мг/л [9].

Прибрежно-водные растения, произрастающие, как правило, большими массивами в поймах рек, по берегам прудов и озер, на побережье морских лиманов, а также по берегам загрязненных промышленными стоками водоемов, прудов-отстойников, полей фильтрации обладают уникальной способностью аккумулировать в своих тканях растворенные в воде химические вещества и тем самым очищать почвенно-водную среду [10].

Важной особенностью *Phragmites australis* L. является присутствие у этого растения ещё водно-воздушных мочковидных корней, которые располагаются на нижних узлах побега. Осмотическая поверхность этих корней существенно превышает площадь, занятую растениями. Эти корни выполняют функции своеобразного фильтра, улавливающего микрочастицы, неорганические и органические взвеси, липидные и нефтяные эмульсии, делая при этом воду чище.

В этой связи тростник обыкновенный может использоваться для снижения загрязняющих веществ или их улавливания из водной среды, т. е. для фиторемедиации природной воды. Последний процесс можно назвать фитоэкстракцией, позволяющей определенным растениям накапливать загрязняющие вещества в своих тканях [11].

Объектом исследования являлись образцы вегетативных частей тростника обыкновенного, собранных в городской черте на реке Кутум, район СК «Звездный». Экологическую характеристику фитоценоза водоема и отбор проб для анализа проводили в период полного развития растений (в июле). Пробы обрабатывали по стандартным методикам.

Зольность различных вегетативных частей тростника обыкновенного определяли по методике, приведенной ниже. В предварительно прокалённый при температуре 500 °C и охлаждённый тигель взвешивали 5–25 г с точностью до 0,0001 г воздушно-сухого растительного сырья

и осуществляли озоление в муфельной печи при температуре 450 °С, не допуская воспламенения. После прокаливания тигель охлаждали в эксикаторе над осушителем и взвешивали с точностью до 0,0001 г. Процесс озоления проводили до получения постоянной массы золы.

Массовую долю золы ($C_з$, %) в в различных вегетативных частях тростника находили по формуле:

$$C_3 = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0} \cdot 100,$$

где m_1 – масса тигля с золой, г;

m_2 – масса тигля с навеской до сжигания, г;

m_0 – масса тигля, г;

100 – коэффициент пересчёта, %.

Содержание тяжёлых металлов определяли на атомно-адсорбционном спектрометре Shimadzu AA-7000 после «мокрой» минерализации.

Для проведения «мокрой» минерализации около 1,0 г (точная навеска) воздушно-сухого растительного сырья помещали во фторопластовый стакан автоклава, добавляли 10 мл смеси концентрированных HCl и HNO_3 (1:1). Стакан, закрытый фторопластовой крышкой, помещали в автоклав, который нагревали при 200 °С в сушильном шкафу в течение 2 ч. Далее автоклав вынимали, охлаждали и содержимое количественно переносили в мерную колбу вместимостью 50 мл, фильтруя содержимое через беззольный фильтр, промытый 0,1 М раствором HCl, доводили объем раствора водой до метки и перемешивали.

Содержание тяжелых металлов (Pb, Mn, Zn, Fe, Cu, Cd) определяли в минерализованных пробах и пересчитывали на кг воздушно-сухого растительного сырья.

Результаты определения зольности и концентрации металлов в тростнике в мг в пересчете на килограмм воздушно-сухой массы представлены в таблице.

Таблица – Зольность и концентрация тяжёлых металлов* в *Phragmites australis* в мг в пересчете на килограмм воздушно-сухой массы

Вегетативная часть	Зольность, %	Pb	Mn	Zn	Fe	Cu	Cd
Соцветия	19,2	0,182	0,632	26,671	35,561	0,658	–
Молодые листья	10,5	0,035	0,612	23,312	32,432	0,643	0,013
Зрелые листья	23,6	0,352	0,634	64,542	52,485	0,659	0,024
Стебель (надводная часть)	7,8	0,449	1,723	30,576	43,321	1,667	0,046
Стебель (подводная часть)	18,2	0,543	1,842	25456,0	300,732	1,989	0,165
Корни	48,8	1,957	1,813	24846,2	354,615	1,887	0,154

**Приведено среднее значение трех определений.*

Исследования показали, что содержание тяжёлых металлов в *Phragmites australis* варьирует от 0,013 до 25456 мг/кг сухого вещества. В случае Zn, Cu, Fe и Pb интервалы значений изменяются в пределах 23,3–25456 мг/кг, 0,643–1,989 мг/кг, 42,432–354,615, 0,035–1,957 мг/кг соответственно. Концентрация Cd находится в пределах от 0 до 0,165 мг/кг, а Mn – от 0,612 до 1,842 мг/кг.

В общем значения концентраций тяжёлых металлов не превышают фонового содержания в водных растениях [12]. В то же время в некоторых исследованных вегетативных частях растения тростника отмечено содержание цинка, в сотни раз превышающее среднюю величину, по сравнению тростником, растущим в природных водоемах [13].

Наибольшее содержание металлов, в частности цинка, характерно для подводной части стебля и корней тростника, что связано с механизмами, препятствующими транспорту тяжелых металлов в надводную часть [14]. Высокие концентрации металлов формируются также за счет захвата растениями тяжелых металлов из обогащенной ими среды – воды и донных отложений.

Установлено, что наименьшее содержание тяжёлых металлов у тростника обыкновенного наблюдается для соцветий и листьев. В этих же частях растения отмечено отсутствие кадмия или его низкое содержание, что связано с преобладающим поглощением кадмия корневой системой и, в меньшей степени, надземными органами [14]. Отметим, что данный факт согласуется с данными, полученными авторами [15].

Макрофит *Phragmites australis* – субкосмополитический вид водно-болотных угодий, который образует большие заросли на мелководье, может использоваться для фитоэкстракции загрязняющих веществ, а также в качестве биоиндикатора тяжёлых металлов. Известно, что *Phragmites australis* способен накапливать тяжёлые металлы [16–20].

В старых листьях, расположенных в нижней части стебля тростника, замечено повышение содержания цинка почти в 3 раза, а свинца в 6–7 раз по сравнению с молодыми листьями, участвующими в процессе фотосинтеза. Концентрация меди, наоборот, уменьшилась в 1,5–3 раза, что свидетельствует о её активном оттоке в другие части растения.

Таким образом, полученные нами данные показывают наличие существенных различий по накоплению ряда тяжёлых металлов в различных частях и органах растения тростника обыкновенного. Обнаружено значительное накопление цинка, а также свинца в корнях и подводной части стебля. Отмечено пониженное содержание тяжёлых металлов в соцветиях и листьях.

Заросли тростника обыкновенного играют роль объекта индикации водной среды. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о неблагополучной экологической обстановке реки Кутум в черте города и могут быть использованы для разработки методов фиторемедиации водных систем.

Список литературы

1. Базарова Б. Б. Многолетние изменения растительности озера Кенон // Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2012. №. 4. С. 18–23.
2. Hanfi M. Y., Mostafa M. Y. A., Zhukovsky M. V. Heavy metal contamination in urban surface sediments: sources, distribution, contamination control, and remediation // Environmental Monitoring and Assessment. 2020. Vol. 192, № 1. Article number 32.
3. Базарова Б. Б. Elodea canadensis Michx. и харовые водоросли оз. Кенон (Забайкальский край) // Российский журнал биологических инвазий. 2013. № 3. С. 7–15.
4. Ялынская Н. С., Лопотун А. Г. Накопление микроэлементов и тяжелых металлов в растениях рыбоводных прудов // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 5. С. 40–46.
5. Никаноров А. М., Жулидов А. В., Емец В. М. Тяжелые металлы в организмах ветлендов России. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1993. 282 с.
6. Friberg L., Nordberg G. F., Vouk V. B. Handbook on the toxicology of metals. Amsterdam: Elsevier North-Holland biomedical Press, 1979. 709 p.
7. Добровольский В. В. Тяжелые металлы: загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия // Тяжелые металлы в окружающей среде. Москва: МГУ, 1980. С. 3–12.
8. Linnik P. N. Complexation as the most important factor in the fate and transport of heavy metals in the Dnieper water bodies // Anal. Bioanal. Chem. 2003. Vol. 376. P. 405–412.
9. Голованова И. Л. Влияние тяжелых металлов на физиолого-биохимический статус рыб и водных беспозвоночных // Биология внутренних вод. 2008. № 1. С. 99–108.
10. Остроумов С. А., Шестакова Т. В., Котелевцев С. В., Соломонова Е. А., Головня Е. Г., Поклонов В. А. Присутствие макрофитов в водной системе ускоряет снижение концентраций меди, свинца и других тяжелых металлов в воде // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2009. № 2. С. 58–67.
11. Lajayer B. A., Moghadam N. K., Maghsoodi M. R., Ghorbanpour M., Kariman K. Phytoextraction of heavy metals from contaminated soil, water and atmosphere using ornamental plants: mechanisms and efficiency improvement strategies // Environmental Science and Pollution Research. 2019. Vol. 26, № 9. P. 8468–8484.
12. Дикиева Д. М., Петрова И. А. Химический состав макрофитов и факторы, определяющие в них концентрацию минеральных веществ // Гидробиол. процессы в водоемах. Ленинград: Наука, 1983. С. 107–213.
13. Короткевич Л. Г. К вопросу использования водоочистных свойств тростника обыкновенного // Водные ресурсы. 1976. № 5. С. 198–204.
14. Лурье А. А., Фокин А. Д., Касаткин В. А. Поступление цинка и кадмия в зерновые культуры из почвы, удобренной остатками сточных вод // Агрохимия. 1995. № 11. С. 80–92.
15. Галяс А. В. Распределение тяжелых металлов в растении тростника обыкновенного // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы международной молодёжной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2010. С. 19–20.
16. Rezania S., Shahrokhishahraki R., Park J., Rupani P. F., Darajeh N., Xu X. Phytoremediation potential and control of Phragmites australis as a green phytomass: an overview // Environmental Science and Pollution Research. 2019. Vol. 26, № 8. P. 7428–7441.
17. Bonanno G. Trace element accumulation and distribution in the organs of Phragmites australis (common reed) and biomonitoring applications // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2011. Vol. 74, № 4. P. 1057–1064.
18. Phillips D. P., Human L. R. D., Adams J. B. Wetland plants as indicators of heavy metal contamination // Marine Pollution Bulletin. 2015. Vol. 92, № 1–2. P. 227–232.
19. Al-Homaidan A. A., Al-Otaibi T. G., El-Sheikh M. A., Al-Ghanayem A. A., Ameen F. Accumulation of heavy metals in a macrophyte Phragmites australis: implications to phytoremediation in the Arabian Peninsula wadis // Environ. Monit. Assess. 2020. Vol. 192. Article number 202.
20. Su F., Wang T., Zhang H., Song Z., Feng X., Zhang K. The distribution and enrichment characteristics of copper in soil and Phragmites australis of Liao River estuary wetland // Environ. Monit. Assess. 2018. Vol. 190. Article number 365.

References

1. Bazarova B. B. Long-term changes in the vegetation of Lake Kenon. *News of the Irkutsk State University. Ser. Biology. Ecology.* 2012; 4:18–23 (In Russ.).
2. Hanfi M. Y., Mostafa M. Y. A., Zhukovsky M. V. Heavy metal contamination in urban surface sediments: sources, distribution, contamination control, and remediation. *Environmental Monitoring and Assessment.* 2020; 192(1):32.
3. Bazarova B. B. Elodea canadensis Michx and charophyte algae of the lake. Kenon (Trans-Baikal Territory). *Russian Journal of Biological Invasions.* 2013; 3:7–15 (In Russ.).
4. Yalynskaya N. S., Lopotun A. G. Accumulation of microelements and heavy metals in plants of fish ponds. *Hydrobiological Journal.* 1993; 29(5):40–46 (In Russ.).
5. Nikanorov A. M., Zhulidov A. V., Yemets V. M. *Heavy metals in organisms of Russian wetlands.* Saint Petersburg: Gidrometeoizdat; 1993: 282 (In Russ.).
6. Friberg L., Nordberg G. F., Vouk V.B. *Handbook on the toxicology of metals.* Amsterdam: Elsevier North-Holland biomedical Press; 1979:709.
7. Dobrovolsky V. V. Heavy metals: environmental pollution and global geochemistry. *Heavy metals in the environment.* Moscow: MSU; 1980:3–12 (In Russ.).
8. Linnik P. N. Complexation as the most important factor in the fate and transport of heavy metals in the Dnieper water bodies. *Anal. Bioanal. Chem.* 2003; 376:405–412.
9. Golovanova I. L. The influence of heavy metals on the physiological and biochemical status of fish and aquatic invertebrates. *Biology of inland waters.* 2008; 1:99–108 (In Russ.).
10. Ostroumov S. A., Shestakova T. V., Kotelevtsev S. V., Solomonova E. A., Golovnya E. G., Poklonov V. A. The presence of macrophytes in the aquatic system accelerates the decline in concentrations of copper, lead and other heavy metals in water. *Water management in Russia: problems, technologies, management*. 2009; 2:58–67 (In Russ.).
11. Lajayer B. A., Moghadam N. K., Maghsoodi M. R., Ghorbanpour M., Kariman K. Phytoextraction of heavy metals from contaminated soil, water and atmosphere using ornamental plants: mechanisms and efficiency improvement strategies. *Environmental Science and Pollution Research.* 2019; 26(9):8468-8484.
12. Dikieva D. M., Petrova I. A. Chemical composition of macrophytes and factors that determine the concentration of mineral substances in them. *Hydrobiol. processes in water bodies.* Leningrad: Nauka; 1983:107–213 (In Russ.).
13. Korotkevich L. G. On the issue of using the water purification properties of common reed. *Water Resources.* 1976; 5:198–204.
14. Lurie A. A., Fokin A. D., Kasatkin V. A. The entry of zinc and cadmium into grain crops from soil fertilized with wastewater residues. *Agrochemistry.* 1995; 11:80–92 (In Russ.).
15. Galyas A. V. Distribution of heavy metals in the common reed plant. *Scientific progress – creativity of the young: materials of the international youth scientific conference on natural science and technical disciplines.* Yoshkar-Ola; 2010:19–20 (In Russ.).
16. Rezania S., Park J., Rupani P.F., Darajeh N., Xu X., Shahrokhishahraki R. Phytoremediation potential and control of Phragmites australis as a green phytomass: an overview. *Environmental Science and Pollution Research.* 2019; 26(8):7428–7441.
17. Bonanno G. Trace element accumulation and distribution in the organs of Phragmites australis (common reed) and biomonitoring applications. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2011; 74(4):1057–1064.
18. Phillips D. P., Human L. R. D., Adams J. B. Wetland plants as indicators of heavy metal contamination. *Marine Pollution Bulletin.* 2015; 92(1–2):227–232.
19. Al-Homaidan A. A., Al-Otaibi T. G., El-Sheikh M. A., Al-Ghanayem A. A., Ameen F. Accumulation of heavy metals in a macrophyte Phragmites australis: implications to phytoremediation in the Arabian Peninsula wadis. *Environ. Monit. Assess.* 2020; 192:202.
20. Su F., Wang T., Zhang H., Song Z., Feng X., Zhang K. The distribution and enrichment characteristics of copper in soil and Phragmites australis of Liao River estuary wetland. *Environ. Monit. Assess.* 2018; 190:365.

Информация об авторах
Великородов А. В. – доктор химических наук, профессор;
Носачев С. Б. – кандидат химических наук, доцент;
Тырков А. Г. – доктор химических наук, профессор;
Ковалев В. Б. – кандидат химических наук, старший научный сотрудник.

Information about the authors
Velikorodov A. V. – Doctor of Sciences (Chemistry), Professor;
Nosachev S. B. – Candidate of Sciences (Chemistry), Associate Professor;
Tyrkov A. G. – Doctor of Sciences (Chemistry), Professor;
Kovalev V. B. – Candidate of Sciences (Chemistry), Senior Researcher.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.12.2023; одобрена после рецензирования 10.01.2024; принята к публикации 18.01.2024.
The article was submitted 21.12.2023; approved after reviewing 10.01.2024; accepted for publication 18.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 45–51.
Geology, Geography and Global Energy. 2024; 1(92):45–51 (In Russ.).

Научная статья
УДК 911.2
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_45

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОТИВОГРАДОВОЙ ЗАЩИТЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Лиев Кайсын Борисович[1], Кущев Станислав Александрович[2]✉
[1]Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия
[2]Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия
[1]buffy_li@mail.ru
[2]stasuk6@mail.ru✉

Аннотация. В России выпадение града отмечается практически на всей территории страны, где возможно развитие активных конвективных процессов. Большая часть градоопасных облаков зарождается в горной и предгорной местности, орография способствует развитию конвективных ячеек с последующим выходом на равнинные территории. В Кабардино-Балкарской Республике выделяется 3 зоны зарождения градовых облаков. С помощью радиолокатора, МРЛ-5 расположенного на научно-исследовательском полигоне «Кызбурун» за весенне-летний период 2023 года проанализировано 87 градовых ячеек, из которых наблюдалось выпадение твердых осадков. Были выявлены высоты подстилающей поверхности в местах зарождения, рассмотрено время жизни облаков, пройденный путь и категории развития градовых облаков. Приводится реальное воздействие на градовый процесс 28 июля 2023 года, в результате которого был достигнут экономический эффект от противоградовых мероприятий в 7 млн рублей.

Ключевые слова: град, время жизни облака, градовые ячейки, градоопасность, траектории градовых ячеек, активное воздействие, метеорологический радиолокатор МРЛ-5, ущерб, противоградовые изделия, осадки

Для цитирования: Лиев К. Б., Кущев С. А. Результаты противоградовой защиты на территории центрального Кавказа // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 45–51. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_45.

RESULTS OF ANTI-HAIL PROTECTION ON THE CENTRAL CAUCASUS TERRITORY

Kaisyn B. Liev[1], Stanislav A. Kushchev[2]✉
[1]Highland Geophysical Institute, Nalchik, Russia
[2]Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia
[1]buffy_li@mail.ru
[2]stasuk6@mail.ru✉

Abstract. In Russia, hail events are observed across most of the country wherever active convective processes are possible. The majority of hail-prone clouds originate in mountainous and foothill areas, and the orography contributes to the development of convective cells, which later move towards the flatlands. In the Kabardino-Balkar Republic, three zones for hail cloud formation have been identified. Using the MRL-5 radar located at the Kyzburun research range during the spring-summer period of 2023, 87 hail cells were analyzed, with observed solid precipitation. The heights of the underlying surfaces at the points of origin, cloud lifetimes, distances traveled, and categories of hail cloud development were examined. Real interventions in the hail process on July 28, 2023, resulted in an economic impact of 7 million rubles from anti-hail measures.

Keywords: hail, cloud lifetime, hail cells, hail hazard, hail-cell trajectories, active influence, meteorological radio-locator MRL-5, damage, anti-hail products, precipitation

For citation: Liev K. B., Kushchev S. A. Results of anti-hail protection on the central Caucasus territory. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):45–51. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_45 (In Russ.).

Введение

В России выпадение града отмечается практически на всей территории страны, где возможно развитие активных конвективных процессов. Северо-Кавказский регион считается одним из самых градоопасных на территории Российской Федерации. Сложность орографии, высокая температура подстилающей поверхности, а также большое влагосодержание воздушных масс, приходящих с бассейна Черного моря, обусловливают развитие интенсивных градовых

© Лиев К. Б., Кущев С. А., 2024.

процессов [5]. В регионах Северного Кавказа происходят катастрофические градобития, которые могут повредить урожай, что может привести к значительным финансовым потерям для фермеров и сельхозпредприятий и причинить значительный ущерб населению. Большая часть градоопасных облаков (представляющих потенциальную угрозу для возникновения града) зарождается в горной местности, там облака набирают силу и выходят к равнинным территориям, имея повышенную градоопасность. На территории Кабардино-Балкарской Республики основная зона формирования градовых облаков находится над Скалистым хребтом [6–7], еще одна зона формирования находится на границе с Карачаево-Черкесской Республикой в районе плато Бермамыт и плато Шаджатмаз. С данных территорий конвективные облака смещаются на Кабардинскую равнину и приносят значительный ущерб. В Кабардино-Балкарской Республике выделяется 3 зоны зарождения градовых облаков (рис. 1).

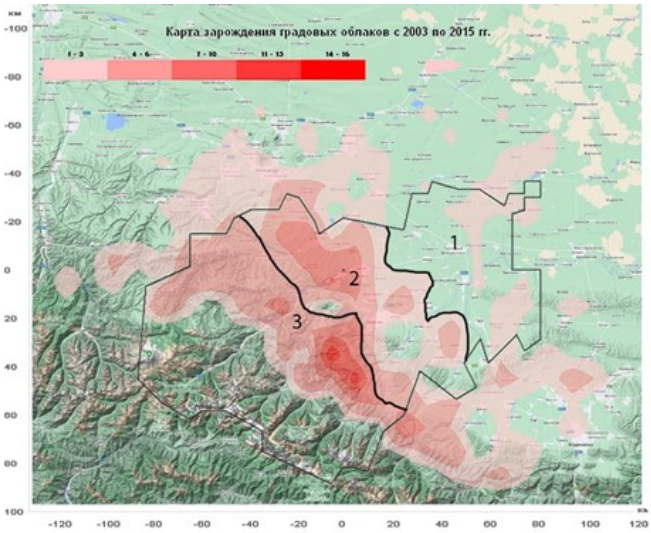


Рисунок 1 – Карта зарождения градовых облаков с 2003 по 2015 г.

Для уменьшения ущерба от града в 1964 г. была учреждена Кавказская комплексная противоградовая экспедиция для испытания метода борьбы с градом на больших площадях и в различных физико-географических условиях [4]. На Северном Кавказе эксперименты проводились на площади 350 тысяч га. В этом же году был организован Куба-Табинский головной противоградовый отряд, который функционирует в настоящее время. На сегодняшний день на территории Кабардино-Балкарской Республики действует 36 пунктов воздействия, под их защитой 481,4 тыс. га, они минимизируют ущерб от града в предгорной и равниной зоне.

Сложный рельеф территории исследования с перепадами высот от 50 до 5000 м, различный характер подстилающей поверхности и ее сильный прогрев в летний период создают благоприятные условия для формирования градовых ячеек [3, 8].

Материалы и методы

За весенне-летний период 2023 года с помощью радиолокатора, МРЛ-5 расположенного на научно-исследовательском полигоне «Кызбурун», выявлено 87 градовых ячеек, из которых наблюдалось выпадение твердых осадков. Все ячейки были проанализированы на автоматизированной системе управления «МетеоХ», некоторые из характеристик отображены в таблице.

Таблица – Градовые ячейки, зародившиеся в 2023 году над территорией Центрального Кавказа

Дата	Номер ячейки	Категория	Расстояние, км	Время жизни мин	Высота зарождения м	Направление перемещения
27.05.2023	1	2	24,1	85	1459	129
27.05.2023	2	2	13,3	116	2394	143
27.05.2023	3	3	34,0	149	1982	79
27.05.2023	4	3	23,0	81	655	73
27.05.2023	5	2	16,7	54	1219	109
27.05.2023	6	2	25,7	61	867	107
28.05.2023	7	3	10,0	95	1774	71

Продолжение таблицы

28.05.2023	8	2	9,5	47	1427	332
28.05.2023	9	3	21,3	100	999	1
28.05.2023	10	3	32,4	151	2250	25
28.05.2023	11	3	56,2	222	1953	29
31.05.2023	12	3	101,6	247	1997	39
31.05.2023	13	3	36,8	123	2003	49
31.05.2023	14	3	19,6	129	285	352
31.05.2023	15	2	6,8	79	1774	11
01.06.2023	16	3	20,8	102	750	68
01.06.2023	17	2	14,3	34	402	66
01.06.2023	18	3	60,3	163	379	124
01.06.2023	19	2	13,0	87	1209	100
01.06.2023	20	2	58,1	168	847	102
01.06.2023	21	2	31,9	101	285	106
02.06.2023	22	3	31,2	110	542	84
02.06.2023	23	3	48,7	109	1239	85
02.06.2023	24	3	38,6	137	990	66
04.06.2023	25	3	9,9	64	183	262
04.06.2023	26	2	23,9	118	290	44
04.06.2023	27	3	26,3	134	164	347
11.06.2023	28	3	13,6	171	223	4
12.06.2023	29	2	11,7	67	494	351
12.06.2023	30	2	16,0	54	229	299
13.06.2023	31	2	14,0	102	1922	34
13.06.2023	32	3	11,4	68	1590	10
14.06.2023	33	3	5,2	40	1564	327
14.06.2023	34	3	15,6	100	924	113
14.06.2023	35	2	15,0	73	616	49
14.06.2023	36	3	14,5	104	219	300
14.06.2023	37	3	25,6	68	224	306
15.06.2023	38	2	1,5	64	1427	348
15.06.2023	39	3	37,4	84	223	127
15.06.2023	40	3	10,8	71	315	356
17.06.2023	41	2	30,6	61	629	86
17.06.2023	42	2	33,1	70	638	87
18.06.2023	43	2	5,7	57	468	211
18.06.2023	44	3	8,0	51	620	154
18.06.2023	45	3	22,3	60	238	149
18.06.2023	46	3	40,0	100	210	134
18.06.2023	47	2	33,4	94	267	162
19.06.2023	48	3	23,5	70	259	287
19.06.2023	49	2	12,5	60	629	302
26.06.2023	50	3	37,9	82	1931	47
26.06.2023	51	3	29,4	89	1708	74
26.06.2023	52	2	24,4	72	1343	80
26.06.2023	53	2	11,5	40	396	328
26.06.2023	54	3	8,8	97	246	340
26.06.2023	55	2	17,6	46	299	18
26.06.2023	56	2	9,9	61	228	295
26.06.2023	57	3	42,9	93	243	352
26.06.2023	58	3	8,9	93	403	34

Продолжение таблицы

26.06.2023	59	3	19,0	47	424	352
27.06.2023	60	2	18,4	61	264	75
27.06.2023	61	2	21,5	47	246	69
27.06.2023	62	2	44,3	65	244	61
27.06.2023	63	2	41,4	69	333	61
27.06.2023	64	2	29,9	73	667	108
30.06.2023	65	2	28,3	54	424	60
04.07.2023	66	3	18,2	71	1150	268
09.07.2023	67	3	64,9	141	1028	343
09.07.2023	68	2	46,3	80	391	347
09.07.2023	69	2	20,7	93	1827	50
10.07.2023	70	3	27,2	61	394	90
17.07.2023	71	2	13,3	19	394	133
17.07.2023	72	3	32,3	57	329	128
17.07.2023	73	2	34,6	57	357	133
17.07.2023	74	2	32,2	47	592	113
17.07.2023	75	2	49,9	73	451	120
23.07.2023	76	3	25,8	61	440	80
23.07.2023	77	2	24,1	45	348	76
28.07.2023	78	3	41,6	63	999	51
02.08.2023	79	3	26,5	57	1198	15
02.08.2023	80	3	33,8	98	1520	72
02.08.2023	81	3	22,3	99	1219	81
03.08.2023	82	3	30,2	118	1931	37
03.08.2023	83	3	30,7	83	2131	45
03.08.2023	84	3	3,6	118	236	19
09.08.2023	85	3	61,6	103	1606	34
09.08.2023	86	4	24,2	58	1239	33
09.08.2023	87	4	94,3	203	1270	77

Результаты и обсуждение

Территория исследования была разделена на квадраты 10·10 км, и для них была высчитана средняя высота подстилающей поверхности. Проанализировав высоту подстилающей поверхности в местах зарождения градовых ячеек, видно, что большая часть (68 %) их зародилась на высотах до 1000 м (рис. 2).

Рисунок 2 – Высота подстилающей поверхности в местах зарождения градовых облаков

Как видно из рисунка 2, средняя высота подстилающей поверхности, над котором зародились градовые облака, составила 637 м, а медиана – 856 м. Это говорит о сильном влиянии на развитие градовых ячеек орографии местности, особенно на начальной стадии. Если обратится к рисунку 1, то из него видно, что большинство случаев зарождения градовых облаков происходит в горной местности, но это по данным 2003–2015 гг. Рассматриваемый 2023 год отличается тем, что основная часть градовых облаков зародилась в предгорной местности, то же самое наблюдается и в последние годы, что говорит о смещении зоны зарождения в предгорную часть. В дальнейшем нами планируется изучить этот вопрос и определить, это тенденция или исключение.

Облака, зародившиеся на данной территории, в основном перемещаются по 4 направлениям (северное, северо-восточное, восточное и юго-восточное) в сторону равнинных территорий Кабардино-Балкарии и Ставропольского края, а также в сторону Северной Осетии (рис. 3). Во всех трех регионах имеются военизированные службы по активным воздействиям на метеоявления, которые проводят работы по уменьшению ущерба. Активные воздействия на градовые ячейки проводятся исходя из категорий градоопасности облака и его потенциальной опасности для защищаемой территории.

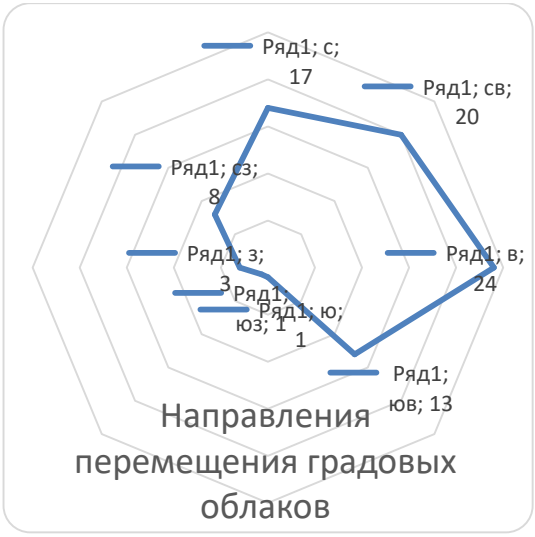


Рисунок 3 – Направления перемещения градовых облаков

Ниже в статье приводится реальное воздействие на градовый процесс 28 июля 2023 года, в результате которого был достигнут экономический эффект от противоградовых мероприятий в 7 млн рублей.

Первая ячейка зародилась в районе с. Бабугент (999 м. н.у.м.) и диссипировала в районе ст. Александровская (326 м. н.у.м.) (рис. 4). Ячейка перемещалась со скоростью 39 км/ч. Время жизни облака составило 63 минуты, за этот период облако прошло 42 км.

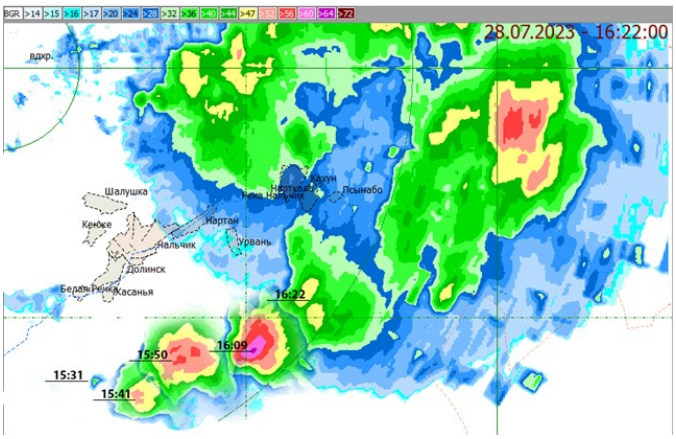


Рисунок 4 – Перемещение облака по территории КБР

Градовая ячейка находилась на защищаемой территории, поэтому на нее прозводилось активное воздействие средствами противоградовой защиты Северо-Кавказской военизированной службы. На графике (рис. 4), приведённом ниже, можно увидеть реальный эффект от данного воздействия по изменению характеристик градового облака.

Рисунок 5 – Характеристики градового облака

Первый запуск 6 противоградовых изделий (ПГИ) был произведен в 15:57, через 10 минут реагент начал действовать и объём градового очага в облаке начал уменьшаться. При том, что отражаемость градового облака продолжала расти за счет снижения высоты границы максимальной отражаемости. Второй пуск 3 противоградовых изделий состоялся в 16:06, после чего ещё быстрее усилилось разрушение объема градового очага, уменьшилась площадь выпадения града и увеличилась площадь выпадения жидких осадков (серая линия на графике $S_{дож+гр}$), что наглядно говорит об ускорении осадкообразования в облаке. Это является одной из физической концепции предотвращения градообразования, «ускорение осадкообразования в зоне формирования условий зарождения града, приводящее к вымыванию данной зоны исключающее зарождение и роста града» [1–2]. В результате своевременного воздействия на градовую ячейку произошло уменьшение градовой дорожки, изредка наблюдалось локальное выпадения града размером от 0,5 до 2,5 см. Экономический эффект от противоградовых мероприятий составил около 7 млн рублей.

Выводы

Если же говорить о результатах воздействия за 2023 год на территории Центрального Кавказа было обработано 110 градовых ячеек, израсходовано всего 1964 противоградовых ракеты типа «Алазань». С апреля по октябрь от локальных выпадений града на защищаемой территории площадь повреждений сельхозкультур, в пересчёте на 100 %, составила 1838 га.

Физическая эффективность проведённых в сезоне 2023 года воздействий на грозо-градовые процессы составила 95,7 процентов. Экономический эффект, по данным экспресс-оценки, в 2023 году составил 1014,55 млн руб.

В заключение хочется отметить, что актуальность и необходимость противоградовых работ не вызывает никаких сомнений. Наш анализ показывает экономическую и физическую эффективность российской технологии противоградовой защиты, как физической, так и экономической. Рентабельность российской технологии противоградовой защиты превысила затраты примерно в 9 раз, использование ПГЗ сократило потери урожая в среднем почти в 10 раз.

Также происходит увеличение числа градобитий на территории Северного Кавказа со смещением в предгорную и равнинную зону, где не ведется противоградовая защита, в связи с чем встаёт вопрос о расширении защищаемой территории противоградовых служб для предотвращения ущерба от града. Однако для реализации концепции нужно создавать необходимую концентрацию кристаллизующих частиц, в соответствии с технологией противоградовой защиты, для получения максимальных показателей эффективности.

Список литературы

1. Абшаев М. Т. Структура и динамика развития грозоградовых процессов Северного Кавказа // Труды ВГИ. 1984. Вып. 53. С. 6–22.
2. Абшаев М. Т., Абшаев А. М., Барекова М. В., Малкарова А. М. Руководство по организации и проведению противоградовых работ. Нальчик: Печатный двор, 2014. 508 с.
3. Абшаев М. Т., Агзагова М. Б. и др. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Российской Федерации. Москва: Дизайн. Информация. Картография, 2010. 696 с.
4. Алита С. Л., Аппаева Ж. Ю. Оптимизация противоградовой защиты // Научное обозрение: актуальные вопросы теории и практики: сборник статей VI Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Пенза, 25 июля 2023 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. Ч. 1. С. 218–222. EDN ZKGUCI.
5. Инюхин В. С., Лиев К. Б., Макитов В. С., Кущев С. А. Радиолокационные исследования распределения районов формирования первого радиоэха градовых облаков // Доклады Всероссийской конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Часть 1. Нальчик, 2017. С. 311–319.
6. Инюхин В. С., Лиев К. Б., Макитов В. С., Кущев С. А. Радиолокационные исследования распределения зон формирования первого радиоэха градовых облаков // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2016. Том 52, № 6. С. 691–698. DOI: 10.7868/S0002351516060080.
7. Инюхин В. С., Лиев К. Б., Кущев С. А. Районирование территории Кабардино-Балкарской Республики по степени градовой активности // Доклады Всероссийской конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Часть 2. Нальчик, 2017. С. 127–133.
8. Шагин С. И., Разумова Н. В. Техногенные опасности на территории Южного федерального округа России // Экология и промышленность России. 2009. № 1. С. 48–52.

References

1. Abshaev M. T. Structure and dynamics of the development of hail processes of the North Caucasus. *Proceedings of VGI.* 1984; 53:6–22 (In Russ.).
2. Abshaev M. T., Abshaev A. M., Barekova M. V., Malkarova A. M. Manual on the organization and conduct of hail suppression works. Nalchik: Printing house; 2014:508 (In Russ.).
3. Abshaev M. T., Agzagova M. B. et al. Atlas of natural and man-made hazards and risks of emergency situations of the Russian Federation. Moscow: Design. Information. *Cartography.* 2010:696 (In Russ.).
4. Alita S. L., Appaeva Zh. Yu. Optimization of hail protection. *Scientific review: current issues of theory and practice: collection of articles of the VI International scientific and practical conference: in 2 parts, Penza, July 25, 2023.* Penza: Science and Enlightenment (IE Gulyaev G.Yu.), 2023; 1:218–222. EDN ZKGUCI (In Russ.).
5. Inyukhin V. S., Liev K. B., Makitov V. S., Kushchev S. A. Radar studies of the distribution of areas of formation of the first radio echo of hail clouds. *Reports of the All-Russian conference on cloud physics and active impacts on hydrometeorological processes Part 1.* Nalchik; 2017:311–319 (In Russ.).
6. Inyukhin V. S., Liev K. B., Makitov V. S., Kushchev S. A. Radar studies of the distribution of zones of formation of the first radio echo of hail clouds. *Izvestiya RAN. Physics of the atmosphere and ocean.* 2016; 52(6): 691–698. DOI: 10.7868/S0002351516060080 (In Russ.).
7. Inyukhin V. S., Liev K. B., Kushchev S. A. Zoning of the territory of the Kabardino-Balkarian Republic according to the degree of hail activity. *Reports of the All-Russian conference on cloud physics and active impacts on hydrometeorological processes Part 2.* Nalchik; 2017:127–133 (In Russ.).
8. Shagin S. I., Razumova N. V. Technogenic hazards in the territory of the Southern Federal District of Russia. *Ecology and Industry of Russia.* 2009; 1:48–52 (In Russ.).

Информация об авторах

Лиев К. Б. – кандидат физико-математических наук, и. о. зав. отделом активных воздействий.
Кущев С. А. – старший преподаватель Института менеджмента, туризма и индустрии гостеприимства.

Information about the authors

Liev K. B. – Candidate of Sciences (Physical and Mathematical), Acting Head of the Department of Active Influences;
Kushchev S. A. – Senior Lecturer at the Institute of Management, Tourism, and Hospitality Industry.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 09.11.2023; одобрена после рецензирования 20.11.2023; принята к публикации 14.12.2023.
The article was submitted 09.11.2023; approved after reviewing 20.11.2023; accepted for publication 14.12.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 52–58.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):52–58 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.064
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_52

МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Наполов Олег Борисович[1]✉, Кулаков Артем Павлович[2]
[1]Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия
[2]Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), Москва, Россия
[1]onapolov@list.ru✉
[2]bomberos@inbox.ru

Аннотация. В работе рассматриваются результаты проведенного экологического мониторинга наземных экосистем на территории Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ). На основе анализа выполненных комплексных исследований (наземного экологического мониторинга, дистанционного аэрокосмического мониторинга, аналитических исследований фондовых и отчетных материалов) сформулированы практические технологические решения по сохранению естественных экосистем Бованенковского НГКМ. Результаты исследования наземных экосистем Бованенковского НГКМ показывают снижение численности ряда представителей наземной флоры и фауны в районе воздействия месторождения, изменение видового состава наземной флоры и фауны, нарушение экологического равновесия в природной экосистеме. Сформулированы практические технологические решения по сохранению естественных экосистем для территории Бованенковского НГКМ с использованием зарубежного опыта в плане решения природоохранных задач в районе многолетнемерзлых пород. В исследовании показана значимость и необходимость практических решений по реализации государственной политики по сохранению наземных экосистем Крайнего Севера Российской Федерации.

Ключевые слова: биоразнообразие, Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение, Западная Сибирь, криолитозона, наземные экосистемы, устойчивое развитие, экологический мониторинг, Ямал

Для цитирования: Наполов О. Б., Кулаков А. П. Мониторинг биоразнообразия наземных экосистем в районе разработки нефтегазоконденсатных месторождений Западной Сибири // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 52–58. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_52.

BIODIVERSITY MONITORING OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS IN THE AREA OF DEVELOPMENT OF GAS FIELDS IN WESTERN SIBERIA

Oleg B. Napolov[1]✉, Artem P. Kulakov[2]
[1]Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
[2]Sergeev Institute of Environmental Geoscience of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[1]onapolov@list.ru✉
[2]bomberos@inbox.ru

Abstract. The paper considers the results of the environmental monitoring of terrestrial ecosystems of the Bovanenkovsky gas field. Based on the analysis of the completed complex studies (ground-based environmental monitoring, remote aerospace monitoring, analytical studies of stock and reporting materials), practical technological solutions for the conservation of the natural ecosystems of the Bovanenkovsky gas field are formulated. The results of the study of terrestrial ecosystems of the Bovanenkovsky gas field show a decrease in the number of representatives of terrestrial flora and fauna in the area of impact of the deposit, a change in the species composition of terrestrial flora and fauna, and a violation of the ecological balance in the natural ecosystem. Practical technological solutions for the conservation of natural ecosystems for the territory of the Bovanenkovsky gas field are formulated using foreign experience in terms of solving environmental problems in the area of permafrost. The study shows the importance and necessity of practical solutions for the implementation of the state policy on the conservation of terrestrial ecosystems of the Far North of the Russian Federation.

Keywords: biodiversity, Bovanenkovsky gas field, Western Siberia, cryolithozone, terrestrial ecosystems, sustainable development, environmental monitoring, Yamal

For citation: Napolov O. B., Kulakov A. P. Biodiversity monitoring of terrestrial ecosystems in the area of development of gas fields in Western Siberia. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):52–58. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_52 (In Russ.).

© Наполов О. Б., Кулаков А. П., 2024.

Введение

Биологическое разнообразие определяется следующими причинами:

– численностью видов животного и растительного мира на территории;

– динамикой численности видов растительного и животного мира за последние пять лет;

– соотношением синантропных (искусственно завезенных) и автохтонных (присущих данной территории) видов на территории;

– источниками природных и природно-техногенных факторов на территории;

– техногенной деятельностью на территории;

– мерами по предотвращению деградации наземных экосистем на территории;

– участием представителей государственных органов власти и частных организаций в плане решения практических задач по спасению биологического разнообразия;

– участием представителей общественности и экспертного сообщества в плане спасения биологического разнообразия на территории;

– другими источниками финансирования природоохранных работ на территории (частные инвестиционные фонды, паевые инвестиции, пожертвования бизнеса, частных лиц и др.).

Все эти причины является источниками формирования устойчивого биологического развития естественных экосистем на территории. Следует учесть, что каждая природная территория характеризуется определенным набором качественных и количественных характеристик, которые характеризуют её как самобытный и уникальный природно-экологический комплекс, не похожий ни на один из других существующих комплексов.

К числу качественных и количественных характеристик относятся:

– запасы природной биомассы территории (т/га абсолютного сухого вещества);

– количество солнечной радиации на единицу площади территории (Вт/м^2);

– климатические характеристика на территории (температура воздуха, воды, ветровой режим, влажность, давление и другие характеристики);

– индекс биологического разнообразия (индекс Симпсона (D) естественных растительных и животных видов территории (показатель от 0 до 1));

– влияние внешних трансграничных переносов вещества и энергии на территорию;

– источники техногенных воздействий на территории (промышленность, сельское хозяйство, городская инфраструктура и др.);

– источники природной опасности на территории (оползни, обвалы, сели, наводнения, землетрясения и др.).

Таким образом, естественная природная территория формируется с учетом внешних и внутренних факторов, обеспечивающих жизнедеятельность живущих на данной территории живых организмов.

Уникальной в природно-экологическом плане является и территория Бованенковского НГКМ, которая осваивается уже давно (с 1990 г.). За все время произошли структурные изменения почвенного покрова, растительных сообществ и биологических видов. Влияние наземной техники и компрессорного оборудования постепенно изменило структуру почвенно-растительного покрова (произошла структурная перестройка почвенно-растительных сообществ – часть из них была замещена синантропными видами), произошло обеднение растительности из-за загрязнения почв, приводящего к повышению температуры грунтов и, как следствие, изменению физико-химических свойств почв, а также её гигроскопичности. Изменение растительности привело к изменению видового разнообразия живых организмов (часть из которых была вынуждена переселиться в другие места, часть из них была замещена синантропными видами). Научные исследования последних 20 лет показали значительные изменения видового состава наземных экосистем на территории Бованенковского НГКМ [1–8, 10–12].

Материл и методы исследования

Экологический мониторинг наземных экосистем Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения проводился на основании:

– полевых экологических исследований с 2009 по 2019 г. (в период проведения эколого-технологических экспедиций «Газпром ВНИИГАЗ» («Ямал»));

– дистанционных аэрокосмических исследований территории Бованенковского НГКМ с помощью аэрокосмической техники «Газпром»;

– камеральных аналитических исследований фондовых и отчетных материалов по ранее выполненным научным исследованиям специалистов профильных институтов Российской Федерации на территории Бованенковского НГКМ (Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИИ), «Газпром ВНИИГАЗ», Сибирский научно-аналитический центр («СибНАЦ») и др.).

Наземный экологический мониторинг территории Бованенковского НГКМ проводился специалистами Центра экологической безопасности, энергоэффективности и охраны труда на заранее выбранных ключевых и репрезентативных участках. В период проведения полевого экологического мониторинга были исследованы наземные экосистемы на предмет рекультивации участков месторождения, подвергнувшихся техногенному воздействию. В результате многолетних наблюдений были выявлены некоторые экологические особенности проводимой рекультивации:

– на некоторых участках были применены специально подобранные травосмеси, включающие в себя семена костреца безостого, овсяницы луговой, овсяницы красной, тимофеевки луговой, пырея ползучего, позволившие получить наиболее эффективные результаты восстановления наземных экосистем;

– уточнены наиболее эффективные минеральные удобрения для целей рекультивации почвенно-растительного покрова, содержащие сухие гранулы сапропеля, нитроаммофоску;

– скорректированы сроки рекультивации наземных экосистем с учетом видового состава травосмесей.

Состав смеси семян растений подобран специалистами «Газпром ВНИИГАЗ» с учетом территориальных, климатических и гидрографических условий Арктики и Субарктики территории Российской Федерации. Смесь семян травосмесей вносилась из расчёта 400 кг на 1 га площади. Состав минеральных удобрений также подобран с учетом периода роста и созревания растительных сообществ территории Арктики. Выявлено, что добавление нитроаммофоски обеспечивает нормальное качество жизни растения, так как в ней содержатся три основных компонента, которые необходимы на разных этапах роста растения – азот, фосфор и калий, и она имеет высокую концентрацию питательных веществ на единицу объема. Поэтому минеральное удобрение нитроаммофоски вносилось из расчёта 200 кг на 1 га площади. Все это позволило повысить эффективность проведения природоохранных мероприятий на территории Бованенковского НГКМ [6].

Дистанционный аэрокосмический мониторинг территории Бованенковского НГКМ проводился постоянно с помощью аэрокосмической техники «Газпром» и подобранных разновременных спутниковых снимков. Для этой цели были задействованы современные летательные аппараты «Газпром космические системы» (Ямал-601 / 49Е, Ямал-402 / 55Е, Ямал-401 / 90Е, Ямал-202 / 163,5Е, Ямал-300К / 183Е) [9] и существующие космические снимки, размещенные в открытом доступе (Landsat, Sentinel и др.), позволяющие получить оперативную детальную информацию:

– о видовом разнообразии наземных экосистем;

– об источниках техногенной опасности;

– о динамике изменения наземных экосистем;

– о возможных технологических решениях по сохранению наземных экосистем.

На сегодняшний день «Газпром космические системы» включают в себя следующие технические элементы [9]:

– комплекс приема и предварительной обработки космических данных;

– комплекс беспилотного экологического мониторинга и геодезического обеспечения;

– комплекс формирования цифровой картографической основы на базе суперкомпьютера;

– комплексы тематической обработки цифровых элементов.

Аналитические исследования фондовых и отчетных материалов по выполненным ранее научным исследованиям специалистов профильных институтов Российской Федерации на территории Бованенковского НГКМ (ААНИИ, «Газпром ВНИИГАЗ» и др.) являются важным этапом получения достоверной информации о видовом разнообразии наземных экосистем. Собранные фактические материалы специалистами различных институтов, а также собственные полевые наблюдения на территории Бованенковского НГКМ позволили получить уникальную информацию о биологической ценности естественных и нарушенных экосистем месторождения, а также выполнить временной и пространственный анализ их изменения.

Выявлено, что наиболее ценными биологическими элементами являются мохово-лишайниковые и сфагновые сообщества, которые являются кормовой базой поголовья северного оленя. Нарушение мохово-лишайникового и сфагнового сообщества приводит к изменению поголовья северного оленя, которому приходится искать новые пастбища. Это формирует новые схемы каслания (перехода) северного оленя.

Результаты исследования, связанные с техногенными факторами, показывают, что строительство техногенных объектов на территории криолитозоны приводит к активизации геокриологических процессов (морозобойное растрескивание, морозное пучение, термокарст, термоэрозия и др.). Пример активизации термоабразии на территории Бованенковского НГКМ приведен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Процесс термоабразии на территории Бованенковского НГКМ [4]

Перечисленные опасные экзогенные геологические процессы являются серьезным основанием для разработки конкретных природоохранных мероприятий для территории Бованенковского НГКМ.

Результаты и их обсуждение

Результаты экологического мониторинга наземных экосистем Бованенковского НГКМ показывают:

– снижение численности ряда представителей наземной флоры и фауны в районе воздействия Бованенковского НГКМ;

– изменение видового состава наземной флоры и фауны;

– нарушение экологического равновесия в природной экосистеме;

– необходимость организации эффективных природоохранных решений по сохранению наземных экосистем.

Авторами были сформулированы практические технологические решения по сохранению естественных экосистем для территории Бованенковского НГКМ:

– необходимость учёта периода снижения или прекращения техногенного воздействия в ночное время и в период гнездования, нереста и выведения потомства;

– учёт экологической ёмкости территории с целью допустимых уровней техногенного воздействия на наземные экосистемы;

– использование опыта ведущих научных учреждений Российской Федерации по практическому применению эффективной природоохранной политики в районе криолитозоны (Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Институт криосферы Земли СО РАН, ААНИИ, «Газпром ВНИИГАЗ и др.);

– учёт мнений коренных малочисленных народов Крайнего Севера, населяющих территорию Бованенковского НГКМ (ненцы);

– использование зарубежного опыта в решении природоохранных задач в районе многолетнемерзлых пород (США, Канады, Китая и др.).

К конкретным природоохранным мероприятиям для территории Бованенковского НГКМ относятся:

– устройство специальных реперных знаков для мест возможной активизации опасных экзогенных геокриологических процессов;

– сооружение технических объектов на специальных бетонных основаниях, позволяющих минимизировать последствия для сооружений при активизации опасных экзогенных геокриологических процессов (рис. 2);

– сооружение специальных арочных сооружений в районе перехода северного оленя через нитки газо- и нефтепроводов в условиях криолитозоны (рис. 3).

Рисунок 2 – Размыв основания технического сооружения в результате активизации геокриологических процессов (термоэрозия) на территории Бованенковского НГКМ [5]

Рисунок 3 – Сооружение специальных арочных сооружений в районе перехода северного оленя через нитки газо- и нефтепроводов [1]

Выводы и рекомендации

Мониторинговые экологические исследования нарушенных экосистем в условиях криолитозоны имеют высокую значимость в решении практических задач по реализации государственной политики и сохранению наземных экосистем Крайнего Севера Российской Федерации. Проведение полевых наземных исследований с применением летательных аппаратов различного класса при проведении экологического мониторинга способствует получению объективной информации о текущем экологическом состоянии наземных биологических сообществ с возможностью восстановления их популяции на оптимальном уровне, а также своевременной индикации опасных геологических (в первую очередь геокриологических) экзогенных процессов, нарушающих устойчивость инженерных сооружений.

Результаты экологического мониторинга показывают, что восстановление нарушенных наземных экосистем на территории Бованенковского НГКМ должны выполняться поэтапно:

– на *первом этапе* восстановительные работы выполняются на объектах первоочередного хозяйственного использования (компрессорные станции, буровые сооружения, нитки магистральных газо- и нефтепроводов и др.);

– на *втором этапе* выполняются работы на объектах второй категории важности (объекты энергетической инфраструктуры, вахтовые сооружения, полигоны отходов и др.);

– на *третьем этапе* работы проводятся на объектах третьей категории важности (водоотводящие сооружения, каналы и канавы и др.).

Таким образом, достигается эколого-экономический баланс, связанный с поэтапным выполнением природоохранных мероприятий на постоянной основе.

Список литературы

1. Баранов А. В., Будников Б. О., Наполов О. Б., Унанян К. Л. Особенности изучения природно-ресурсного потенциала полуострова Яма // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. № 4. С. 26–30.
2. Баранов А. В., Наполов О. Б. Методика контроля адаптации рекультивированных и загрязнённых территорий к местным природным условиям Крайнего Севера // Газовая промышленность. 2018. № 3 (765). С. 108–118.
3. Баранов А. В., Наполов О. Б. Минимизация последствий техногенных воздействий на природные ландшафты полуострова Ямал // Экологическая безопасность в газовой промышленности (ESGI-2015): тезисы докладов IV Международной конференции. 2015. С. 16.
4. Баранов А. В., Наполов О. Б. Предотвращение деградации ландшафтов при строительстве и эксплуатации объектов добычи и транспорта газа в условиях Крайнего Севера // Газовая промышленность. 2015. № 12 (731). С. 84–87.
5. Баранов А. В., Унанян К. Л., Наполов О. Б. Экологический мониторинг в районе перехода МГ Бованенково-Ухта через Байдарацкую губу // Газовая промышленность. 2010. № 2 (642). С. 85–87.
6. Баранов А. В. Наполов О. Б., Пыстина Н. Б. Способ рекультивации эрозионно опасных участков тундровых земель. Патент на изобретение RU 2639783 C, 22.12.2017. Заявка № 2017111170 от 03.04.2017.
7. Баранов А. В., Наполов О. Б., Унанян К. Л. Оценка развития эрозионных процессов на Бованенковском НГКМ // Газовая промышленность. 2011. № 10 (665). С. 84–85.
8. Будников Б. О., Наполов О. Б. Охрана окружающей среды на объектах нефтегазового комплекса // Газовая промышленность. 2008. № 12 (625). С. 83.
9. Газпром космические системы. URL: https://www.gazprom-spacesystems.ru/ru/about/.
10. Пыстина Н. Б., Баранов А. В., Наполов О. Б. Эколого-экономическая оценка природно-ресурсного потенциала осваиваемых территорий полуострова Ямал // Вести газовой науки. 2013. № 2 (13). С. 88–95.
11. Пыстина Н. Б., Баранов А. В., Унанян К. Л., Наполов О. Б. Способ соединения и крепления биоматов на слабоустойчивых склонах в условиях Крайнего Севера. Патент на изобретение RU 2710165 C1, 24.12.2019. Заявка № 2018136296 от 15.10.2018.
12. Пыстина Н. Б., Унанян К. Л., Наполов О. Б. Способ восстановления и предотвращения дальнейшего разрушения нарушенных склоновых грунтовых участков большой крутизны. Патент на изобретение RU 2708435 C1, 06.12.2019. Заявка № 2018136297 от 15.10.2018.

References

1. Baranov A. V., Budnikov B. O., Napolov O. B., Unanyan K. L. Features of studying the natural resource potential of the Yamal Peninsula. *Environmental protection in the oil and gas complex.* 2011; 4:26–30 (In Russ.).
2. Baranov A. V., Napolov O. B. Methodology for monitoring the adaptation of reclaimed and contaminated areas to the local natural conditions of the Far North. *Gasindustry.* 2018; 3(765):108–118 (In Russ.).
3. Baranov A. V., Napolov O. B. Minimizing the consequences of technogenic impacts on the natural landscapes of the Yamal Peninsula. *Environmental safety in the gas industry (ESGI-2015): abstracts of reports of the IV International Conference.* 2015:16 (In Russ.).
4. Baranov A. V., Napolov O. B. Prevention of landscape degradation during the construction and operation of gas production and transportation facilities in the Far North. *Gasindustry.* 2015; 12(731):84–87. (In Russ.).
5. Baranov A. V., Unanyan K. L., Napolov O. B. Environmental monitoring in the area of the Bovanenkovo-Ukhta main gas pipeline crossing through Baydaratskaya Bay. *Gasindustry.* 2010; 2(642):85-87 (In Russ.).
6. Baranov A. V., Napolov O. B., Pystina N. B. Method for reclamation of erosion-hazardous areas of tundra lands. Patent for invention RU 2639783 C, 22.12.2017. Application № 2017111170 dated 03.04.2017 (In Russ.).
7. Baranov A. V., Napolov O. B., Unanyan K. L. Assessment of the development of erosion processes at the Bovanenkovskoye oil and gas condensate field. *Gasindustry.* 2011; 10(665):84–85 (In Russ.).
8. Budnikov B. O., Napolov O. B. Environmental protection at oil and gas complex facilities. *Gasindustry.* 2008; 12(625):83 (In Russ.).
9. *Gazprom space systems.* Available at: https://www.gazprom-spacesystems.ru/ru/about/ (In Russ.).
10. Pystina N. B., Baranov A. V., Napolov O. B. Ecological and economic assessment of the natural resource potential of the developed territories of the Yamal Peninsula. *Scientific and technical collection of News of Gas Science.* 2013; 2(13):88–95. (In Russ.).
11. Pystina N. B., Baranov A. V., Unanyan K. L., Napolov O. B. *A method for connecting and fastening biomats on weakly stable slopes in the Far North.* Patent for invention RU 2710165 C1, 24.12.2019. Application № 2018136296 dated 15.10.2018 (In Russ.).
12. Pystina N. B., Unanyan K. L., Napolov O. B. *A method for restoring and preventing further destruction of disturbed slope soil areas of great steepness.* Patent for invention RU 2708435 C1, 06.12.2019. Application № 2018136297 dated 15.10.2018 (In Russ.).

Информация об авторах

Наполов О. Б. – кандидат технических наук, доцент;
Кулаков А. П. – аспирант, младший научный сотрудник.

Information about the authors

Napolov O. B. – Candidate of Sciences (Technical), Associate Professor;
Kulakov A. P. – postgraduate student, junior researcher.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.01.2024; одобрена после рецензирования 26.01.2024; принята к публикации 07.02.2024.

The article was submitted 15.01.2024; approved after reviewing 26.01.2024; accepted for publication 07.02.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 59–64.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):59–64 (In Russ.).

Научная статья
УДК 332.3
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_59

СПЕЦИФИКА РЕЕСТРОВЫХ ОШИБОК В СВЕДЕНИЯХ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА НЕДВИЖИМОСТИ И СПОСОБЫ ИХ ИСПРАВЛЕНИЯ

Глушков Иван Николаевич[1]✉, Герасименко Игорь Владимирович[2], Бунделева Алина Алексеевна[3], Бибарсов Владимир Юрьевич[4], Бабенышева Наталья Валерьевна[5], Зубцова Анастасия Николаевна[6]

[1, 2, 4, 5, 6]Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия
[3]ООО «Газпромнефть-Оренбург», Оренбург, Россия
[1]i-n-g2012@yandex.ru✉
[2]gerasimenko-iv@mail.ru
[5]babenyschewa.nata@yandex.ru
[6]zubcovaanastasia@gmail.com

Аннотация. Статья рассматривает специфику реестровых ошибок в сведениях Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) и предлагает способы их исправления. В работе анализируются возможные причины возникновения реестровых ошибок. Для их исправления в статье предлагается несколько методов. Во-первых, авторы советуют обратиться к уполномоченным органам и специалистам, чтобы они проанализировали ошибку и сделали корректировки в ЕГРН. Помимо этого, статья рассматривает возможность судебного пути в случаях, когда ошибка не может быть исправлена иными способами. Также авторы приводят примеры успешного исправления реестровых ошибок и описывают процесс взаимодействия с органами ЕГРН. Они подчеркивают важность своевременного обращения и предоставления надлежащей и достоверной информации для устранения реестровых ошибок. В заключение статья подчеркивает значимость исправления реестровых ошибок в сведениях ЕГРН и предоставляет практические рекомендации по их устранению через официальные каналы и судебные процедуры.

Ключевые слова: реестровые ошибки, Единый государственный реестр недвижимости, межевой план, технический план, кадастровый инженер, собственник недвижимости, выписка из ЕГРН, долевая собственность, исправление реестровых ошибок, акт согласования, свидетельство о наследовании

Для цитирования: Глушков И. Н., Герасименко И. В., Бунделева А. А., Бибарсов В. Ю., Бабенышева Н. В., Зубцова А. Н. Специфика реестровых ошибок в сведениях Единого государственного реестра недвижимости и способы их исправления // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 59–64. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_59.

SPECIFICS OF REGISTRY ERRORS IN THE INFORMATION OF THE UNIFIED STATE REGISTER OF LEGAL ENTITIES AND WAYS TO CORRECT THEM

Ivan N. Glushkov[1]✉, Igor V. Gerasimenko[2], Alina A. Bundeleva[3], Vladimir Yu. Bibarsov[4], Natalia V. Babenysheva[5], Anastassiya N. Zubtsova[6]

[1, 2, 4, 5, 6]Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia
[3]«Gazpromneft-Orenburg» LLC, Orenburg, Russia
[1]i-n-g2012@yandex.ru✉
[2]gerasimenko-iv@mail.ru
[5]babenyschewa.nata@yandex.ru
[6]zubcovaanastasia@gmail.com

Abstract. The article examines the specifics of registry errors in the information of the Unified State Register of Real Estate and suggests ways to correct them. The paper analyzes the possible causes of registry errors. To correct them, the article suggests several methods. Firstly, the authors advise contacting the authorized bodies and specialists so that they analyze the error and adjust the Unified State Register. In addition, the article considers the possibility of a judicial path in cases where the error cannot be corrected in other ways. The authors also give examples

© Глушков И. Н., Герасименко И. В., Бунделева А. А., Бибарсов В. Ю., 2024.

of successful correction of registry errors and describe the process of interaction with the authorities of the EGRN. They emphasize the importance of timely treatment and the provision of appropriate and reliable information to eliminate registry errors. In conclusion, the article emphasizes the importance of correcting registry errors in the EGRN information and provides practical recommendations for their elimination through official channels and judicial procedures.

Keywords: registry errors, Unified State Register of Real Estate, boundary plan, technical plan, cadastral engineer, owner of real estate, extract from the Unified State Register of Real Estate, shared ownership, correction of registry errors, act of approval, certificate of inheritance

For citation: Glushkov I. N., Gerasimenko I. V., Bundeleva A. A., Bibarsov V. Yu., Babenysheva N. V., Zubtsova A. N. Specifics of registry errors in the information of the Unified State Register of Legal Entities and ways to correct them. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):59–64. https://doi.org/10.54398 /20776322_2024_1_59 (In Russ.).

Введение

Реестровой ошибкой считается воспроизведенная в Едином государственном реестре недвижимости ошибка, находящаяся в межевом плане, техническом плане, карте-плане территории или акте обследования. Появляются такие ошибки вследствие упущения, допущенного лицом, выполнившим кадастровые работы. Или же ошибка, находящаяся в документах, направленных или предоставленных в орган регистрации прав иными лицами и органами в порядке информационного взаимодействия, а также в ином порядке, установленном федеральным законом [2, 6].

Присутствие реестровой ошибки может вызвать пагубные последствия, так как может являться основанием для приостановления государственной регистрации любых прав и ограничений, в том числе и ипотеки, что помешает оформить документы, а возможно, и вовсе разорвёт сделку. Впоследствии может вылиться в необходимость решения спора о границах в суде, поэтому целесообразнее исправить реестровую ошибку как можно раньше. Методы исправления представлены на рисунке 1.

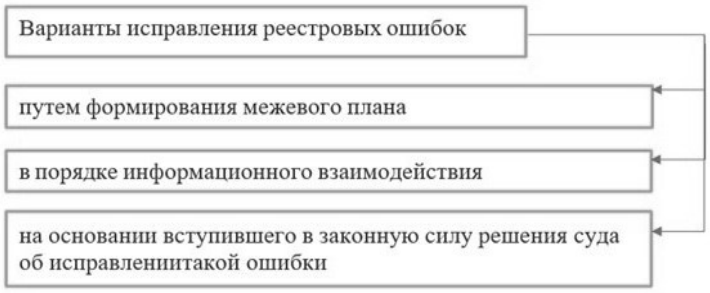


Рисунок 1 – Варианты исправления реестровых ошибок

Действующим законодательством не предусмотрено неоднократное исправление реестровых недочетов. Характерные ошибки представлены на схеме, показанной на рисунке 2.

Материалы и методы

Уточним некоторые моменты, показанные на рисунке 2. Говоря о несоответствии площади объекта, можно отметить следующее: площадь лоджии или балкона входила в общую площадь квартиры до 01.05.2005 г. Если документы на квартиру оформлялись до этой даты, то указанная в них площадь будет больше, так как включает в себя площадь лоджии (балкона).

Если одному участку недвижимости присвоено несколько кадастровых номеров – требуется проверить недвижимость по всем номерам, а также по адресу, поскольукунекоторые кадастровые номера по-прежнему могут числиться в базе [1, 7].

Если информация о собственнике отсутствует в выписке, первоначально следует проверить, были ли произведены какие-либо сделки с квартирой после 31 января 1998 г. Возможно, до этой даты права собственности регистрировали БТИ и нотариусы, а Росреестр начал заниматься этим с января 1998 г. Если последняя сделка с квартирой или землей была совершена до 1998 г., то она не будет отображена в базе Росреестра. В таком случае информация о собственнике отсутствует в Едином государственном реестре недвижимости, и это частая причина, почему в выписке нет указания на собственника.

Если же собственник изменился и его данные еще не указаны в выписке из ЕГРН, то для добавления информации о новом владельце региональные отделения передают данные в Москву, где они вносятся в реестр недвижимости. Процесс добавления этих сведений может занять от нескольких дней до двух недель.

Возможна ситуация, когда наследник получил квартиру, которая была приватизирована до 1998 г. В российском реестре недвижимости зарегистрированы только квартиры, с которыми

были осуществлены какие-либо сделки после 31 января 1998 г. Таким образом, недвижимость, приватизированная до указанной даты, не включена в общую базу. Новый собственник получил нотариальное свидетельство о наследовании и уже является собственником, однако не подал заявку на регистрацию в российском реестре. В данном случае он не будет указан в выписке из Единого государственного реестра недвижимости. Если с недвижимостью были осуществлены сделки после 31 января 1998 г., то она должна быть зарегистрирована в российском реестре и в выписке будет указан прежний собственник [4, 8, 11].

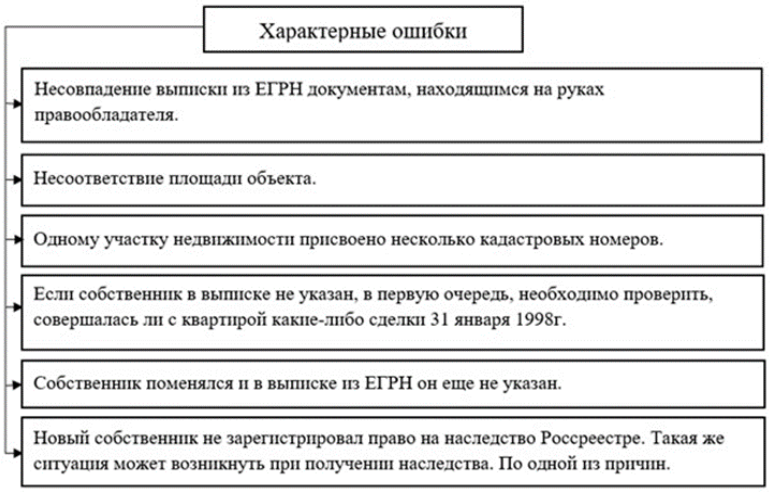


Рисунок 2 – Характерные ошибки в сведениях ЕГРН

Также, говоря о данном пункте, следует отметить, что возможно указание не всех собственников. Это может произойти, если право зарегистрировали за собой еще не все собственники. Так бывает, например, при долевой собственности. Один или несколько собственников получили нотариальное свидетельство о наследовании, но не подали личного заявления на регистрацию права в Росреестр. Следовательно, сведений о них в ЕГРН нет.

Результаты исследований

Исправление реестровой ошибки осуществляется только в случаях, когда оно не вызывает прекращение, возникновение или переход зарегистрированного права на объект недвижимости. Представленная на рисунке 3 структурно-логическая схема исправления была разработана с использованием материалов из 3 источников, но представляет собой нашу собственную интерпретацию.

Однако если есть основания полагать, что исправление реестровой ошибки может нанести ущерб или нарушить законные интересы правообладателей или третьих лиц, которые полагались на соответствующие записи в ЕГРН, такое исправление производится только по решению суда [3].

Исправление реестровой ошибки в сведениях о местоположении границ и площади земельного участка осуществляется при поступлении в орган регистрации прав заявления об осуществлении государственного кадастрового учета изменений межевого плана либо карты-плана территории, подготовленных кадастровым инженером.

Рассмотрев схему, представленную на рисунке 3, следует отметить, что при исправлении реестровой ошибки заинтересованным лицом возникает необходимость нового межевого плана, технического плана или акта обследования. В таком случае процесс подачи документов может осуществляться в нескольких вариантах, представленных на рисунке 4.

Раздел «Заключение кадастрового инженера» включает информацию о несоответствиях между данными ЕГРН и ранее установленными границами земельных участков, включая смежные участки, на которых проводятся кадастровые работы. Кадастровый инженер должен описать данные несоответствия, включая информацию о допущенных ошибках, а также их характер. При исправлении реестровых ошибок в межевом плане должен быть предоставлен акт согласования [5, 9, 10].

Если это приведет к изменению площади земельного участка, кадастровый инженер должен в разделе «Заключение кадастрового инженера» обосновать изменение площади как в сторону увеличения, так и уменьшения. Например, может быть представлен ситуационный план, подготовленный органом технической инвентаризации до сентября 2012 г., архивная справка

БТИ и другие документы, подтверждающие фактическую площадь участка. В результате предыдущих кадастровых работ была установлена площадь по правоустанавливающему документу, а не фактическая площадь участка. Документы, подтверждающие фактическую площадь земельного участка, должны быть приложены к межевому плану.

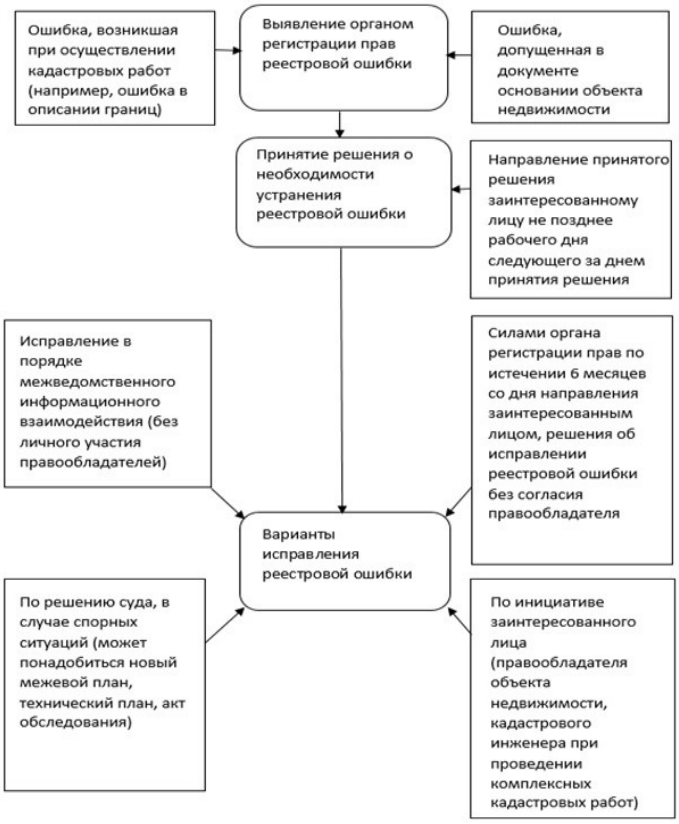


Рисунок 3 – Структурно-логическая схема порядка исправления реестровой ошибки

Рисунок 4 – Варианты подачи документов при исправлении реестровой ошибки

Заключение. В ходе цифровизации кадастровой документации возникали несоответствия и ошибки. Для их устранения требуется своевременно обратиться для консультации и проверки данных. Все эти проблемы устранимы, и с течением времени полный перенос на электронные носители избавит от множества проблем и нестыковок.

Также стоит отметить, что, помимо практической стороны вопроса, необходима принудительная правовая корректировка рассматриваемой ситуации, примером чего может послужить принятие Федерального закона от 29.07.2017 № 280-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях устранения противоречий в сведениях государственных реестров и установления принадлежности земельного участка к определенной категории земель», который позволил решить многие затруднительные моменты, связанные с пересечением лесной зоны. Рассматриваемый пример говорит об эффективности разработки и принятии соответствующих нормативно-правовых актов, которые не только обновляют существующее законодательство, но и корректируют работу уже принятых законов.

Список литературы

1. Воробьев Е. А. Кадастровые (реестровые) ошибки, пути их исправления, классификация ошибок // Московский экономический журнал. 2018. С. 139–142.
2. Глушков И. Н., Герасименко И. В., Безрукова Т. А., Бунделева А. А., Петова М. В. Кадастровая деятельность на землях лесного фонда и пути решения // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 1 (80). С. 124–130.
3. Глушков И. Н., Рахимжанова И. А., Осипов А. Л., Бунделева А. А. Правовые аспекты строительства линий электропередач сельских населенных пунктов и сельхозпредприятий // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 167–174.
4. Рытенков К. А. Способ выявления и устранения кадастровых ошибок при межевании объектов кадастрового учёта // Способ выявления и устранения кадастровых ошибок при межевании объектов кадастрового учёта. 2020. С. 676–680.
5. Кадастровые работы и технические планы. URL: https://smway.ru/.
6. Гречун С. А. Понятие кадастровой деятельности в свете изменения законодательства о государственной регистрации недвижимости // Аграрное и земельное право. 2016. № 8 (140). С. 35–38.
7. Труханов А. Э. Анализ современного состояния государственного кадастрового учета объектов недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. С. 124–129.
8. Байков К. С., Гаврюшина Н. В., Ильиных А. Л. Особенности государственного кадастрового учета отдельных видов сооружений // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 4/С. С. 175–179.
9. Афонасов К. А. Порядок установление границ охранных зон в отношении линейных объектов // Молодой ученый. 2019. № 14 (252). С. 7–9.
10. Глушков И. Н., Герасименко И. В., Панин А. А., Курамшин М. Р., Бабенышева Н. В. Анализ ситуации, при которой земельный участок, прошедший процедуру государственного кадастрового учета, пересекает границы охранных зон инженерных сетей // Астраханский вестник экологического образования 2022. № 2 (68). С. 60–65.
11. Глушков И. Н., Несват А. П., Бедыч Т. В., Герасименко И. В., Муравьева А. С. Инновационные технологии постановки на кадастровый учет защитных лесонасаждений // Геология, география и глобальная энергия. 2020. № 4 (79). С. 120–125.

References

1. Vorobyov E. A. Cadastral (registry) errors, ways to correct them, classification of errors. *Moscow Economic Journal*; 2018:139–142 (In Russ.).
2. Glushkov I. N., Gerasimenko I. V., Bezrukova T. A., Bundeleva A. A., Petova M. V. Cadastral activity on forest fund lands and solutions. *Geology, Geography and Global Energy.* 2021; 1(80):124–130 (In Russ.).
3. Glushkov I. N., Rakhimzhanova I. A., Osipov A. L., Bundeleva A. A. Legal aspects of the construction of power lines in rural settlements and agricultural enterprises. *Improvement of engineering and technical support of production processes and technological systems: materials of the international scientific and practical conference*; 2018:167–174 (In Russ.).
4. Rytenkov K. A. A method for identifying and eliminating cadastral errors when surveying cadastral registration objects. *A method for identifying and eliminating cadastral errors when surveying cadastral registration objects*; 2020: 676–680 (In Russ.).
5. *Cadastral works and technical plans.* Available at: https://smway.ru/.
6. Grechun S. A. The concept of cadastral activity in the light of changes in legislation on state registration of real estate. *Agrarian and Land Law.* 2016; 8(140):35–38 (In Russ.).
7. Trukhanov A. E. Analysis of the current state of the state cadastral registration of real estate objects. *Interexpo GEO-Siberia-2013. IX International Scientific Congress: International Scientific Conference "Economic development of Siberia and the Far East. Economics of environmental management, land management, forest management, real estate management": collection of materials in 4 vol. (Novosibirsk, April 15–26, 2013).* Novosibirsk: SGGA, 2013; 3:124–129 (In Russ.).
8. Baykov K. S., Gavryushina N. V., Ilyinykh A. L. Features of the state cadastral registration of certain types of structures. *Izveztiya vuzov. Geodesy and aerial photograph*y. 2013; 4/S:175–179 (In Russ.).
9. Afonasov K. A. The procedure for establishing the boundaries of protected zones in relation to linear objects. *Young scientist.* 2019; 14(252):7–9 (In Russ.).
10. Glushkov I. N., Gerasimenko I. V., Panin A. A., Kuramshin M. R., Babenysheva N. V. Analysis of the situation in which a land plot that has passed the procedure of state cadastral registration crosses the boundaries of protected zones of engineering networks. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2022; 2(68):60–65 (In Russ.).
11. Glushkov I. N., Nesvat A. P., Bedych T. V., Gerasimenko I. V., Muravyeva A. S. Innovative technologies for cadastral registration of protective forest plantations. *Geology, geography and global energy.* 2020; 4(79):120–125 (In Russ.).

Информация об авторах

Глушков И. Н. – кандидат технических наук, доцент;

Герасименко И. В. – кандидат технических наук, доцент;

Бунделева А. А. – ведущий специалист отдела географических информационных систем (кадастровый инженер) управления маркшейдерско-землеустроительных работ;

Бибарсов В. Ю. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Бабенышева Н. В. – аспирант;

Зубцова А. Н. – студент.

Information about the authors

Glushkov I. N. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Gerasimenko I. V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Bundeleva A. A. – the leading specialist of the Department of Geographical Information Systems (cadastral engineer) of the Department of Surveying and Land Management;

Bibarsov V. Y. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Babenysheva N. V. – graduate student;

Zubtsova A. N. – student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.12.2023; одобрена после рецензирования 25.12.2023; принята к публикации 11.01.2024.

The article was submitted 16.12.2023; approved after reviewing 25.12.2023; accepted for publication 11.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 65–74.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):65–74 (In Russ.).

Научная статья
УДК 528.8.04:911.52
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_65

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ОСОБЕННОСТЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Занозин Виктор Валерьевич[1]✉, Бармин Александр Николаевич[2], Занозин Валерий Владимирович[3], Валов Михаил Викторович[4], Занозина Елена Валерьевна[5]
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
[1]victor_z94@mail.ru✉
[2]abarmin60@mail.ru
[3]vvzanozin-67@mail.ru
[4]m.v.valov@mail.ru
[5]lena_paris_lena@mail.ru

Аннотация. В 90-х годах XX века значительные площади возделываемых сельскохозяйственных угодий, сформированных на базе различных локальных геосистем ландшафта дельты реки Волги, перешли в категорию залежных земель. В последних стали развиваться негативные процессы от зарастания рудеральной растительностью до засоления и даже опустынивания. Дешифрирование снимков оптического диапазона, а также применение метода распознавательного дешифрирования снимков высокого разрешения информационной системы Google Earth дало возможность определить контуры и классифицировать по типам исследуемые антропогенные модификации геосистем, сконцентрированных преимущественно в центральном подрайоне ландшафта дельты Волги. По полученным расчетам в пределах исследуемой части ландшафта дельты Волги площадью 3899,44 км^2 к залежам можно причислить 962,85 км^2. В ходе проведенного исследования установлено, что усложнение морфологической структуры ландшафта приводит к снижению возможностей его хозяйственного использования, в том числе в сельскохозяйственных целях. Полученная в ходе выполненной работы информация может быть использована при организации работ в сфере агропромышленного комплекса и для нормализации геоэкологической обстановки в регионе.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, разновременной снимок, ландшафт, дельта Волги, сельскохозяйственные угодья

Для цитирования: Занозин В. В., Бармин А. Н., Занозин В. В., Валов М. В., Занозина Е. В. Применение данных дистанционного зондирования Земли для анализа особенностей сельскохозяйственного использования геосистем ландшафта дельты Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 65–74. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_65.

A REMOTE SENSING APPROACH FOR AGRICULTURAL ANALYSIS OF THE VOLGA RIVER LANDSCAPE GEOSYSTEMS

Victor V. Zanozin[1]✉, Alexander N. Barmin[2], Valery V. Zanozin[3], Mihail V. Valov[4], Elena V. Zanozina[5]
[1, 2, 3, 4, 5]Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
[1]victor_z94@mail.ru✉
[2]abarmin60@mail.ru
[3]vvzanozin-67@mail.ru
[4]m.v.valov@mail.ru
[5]lena_paris_lena@mail.ru

Abstract. During the 1990s, significant areas of cultivated agricultural lands formed on the basis of various local geosystems in the Volga River Delta landscape, were abandoned. New natural-technical systems appeared in their place. In the absence of irrigation, most of the arable land was transferred to the category of abandoned (fallow) lands. As a result, negative processes ranging from ruderal vegetation overgrowth to salinisation and even desertification took hold. Identification of abandoned (fallow) lands and their typology, establishing the relationship between the morphological structure of the landscape and types of agricultural land formed on the basis of natural geosystems is one of the main geoecological research.

The object of the study is local geosystems of the central subarea of the Volga Delta landscape, transformed in the course of long-term agricultural use. The purpose of the study is to identify the peculiarities of agricultural

© Занозин В. В., Бармин А. Н., Занозин В. В., Валов М. В., Занозина Е. В., 2024.

use of local geosystems of the central sub-area of the Volga Delta landscape. The objectives of the study included the following cases: defining clear boundaries of farming lands in the study region, currently cultivated or in fallow condition; conducting a typology of farming lands in the central sub-area of the Volga Delta landscape; identifying the relationship between the peculiarities of the morphological structure of the central sub-area of the Volga Delta landscape and the identified types of agricultural lands.

Interpretation of remotely-sensed data in optical range, as well as application of the method of recognition interpretation of high-resolution images of the Google Earth application allowed to identify the boundaries and conduct typology of fallow lands concentrated in the central sub-area of the Volga Delta landscape. It was estimated that 962.85 km^2 of the central part of the Volga Delta with a total area of 3899.44 km^2 are fallow lands and only 92.5 km^2 can be classified as arable land. In the course of the study it was established that the complication of the morphological structure of the landscape leads to a decrease in the possibilities of its economic use, including agricultural purposes. The results of this work can be used to make management decisions in the field of agriculture, state property, organization of environmental activities and normalization of the geo-ecological situation in the region. The applied methodology and research approaches can be used in conducting similar work in other regions.

Keywords: earth remote sensing, multi-temporal image, landscape, Volga Delta, agricultural lands

For citation: Zanozin V. V., Barmin A. N., Zanozin V. V., Valov M. V., Zanozina E. V. A remote sensing approach for agricultural analysis of the Volga river landscape geosystem. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):65–74. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_65 (In Russ.).

Введение

До середины 90-х годов прошлого столетия в нашей стране площади пашни практически не менялись. В ходе аграрной реформы значительная их часть сократилась, а оставшаяся перешла в категорию залежей. Как правило, залежные земли представляют собой бывшие пашни, на которых культурная растительность после прекращения агрохозяйственного использования территории замещается другой, обычно сорно-рудерального типа. Отсутствие структурированной информации о пространственном распределении вышедших из-под хозяйственного использования сельскохозяйственных земель делает актуальным проведение научных исследований в этом направлении для различных регионов России, в том числе и для дельты Волги [5, 14, 15, 27].

С середины прошлого столетия на протяжении нескольких десятилетий значительные площади рассматриваемого региона были обвалованы с целью защиты участков от затопления в период весенне-летнего половодья. На орошаемой пашне в больших объемах возделывались различные овощебахчевые, кормовые культуры, а также рис. Экономические реформы 1990-х годов привели к резкому сокращению площадей обрабатываемых сельскохозяйственных угодий и росту залежей, в которых при отсутствии необходимого ухода стали проявляться негативные процессы от зарастания сорняками до засоления и опустынивания. Это делает актуальным проведение здесь исследований физико-географической и геоэкологической направленности, в том числе с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Объектом проведенного исследования выступают локальные геосистемы центрального подрайона ландшафта дельты Волги ранга урочище, преобразованные в ходе многолетнего сельскохозяйственного использования. Цель исследования заключается в выявлении особенностей сельскохозяйственного использования геосистем локального уровня центрального подрайона ландшафта дельты Волги.

В задачи исследования входило следующее:

– определение четких границ сельскохозяйственных угодий исследуемого региона, возделываемых в настоящее время или находящихся в состоянии залежей;

– проведение типологии сельскохозяйственных угодий центрального подрайона ландшафта дельты Волги;

– выявление взаимосвязи между особенностями морфологической структуры центрального подрайона ландшафта дельты реки Волги и установленными типами сельскохозяйственных угодий.

Материалы и методы исследования

Выполненные ранее ландшафтные исследования позволили выделить четкие границы рассматриваемого региона (рис. 1), дать подробную характеристику его морфологической структуры и подготовить ландшафтную карту масштаба 1:100 000 [1–4, 6–10].

Для подготовки векторных данных ГИС и картосхем, отражающих особенности современного этапа использования сельскохозяйственных угодий, а также возраста залежных земель в исследуемом подрайоне дельты Волги, была использована находящаяся в свободном доступе информация от аппаратов ДЗЗ Sentinel-1A, Sentinel-2A и 2B, Landsat 8 и Landsat 9, размещенная на портале программы «Коперник», а также снимки, поступившие от спутников Landsat, находящиеся в архиве Геологической службы США и также обеспеченные бесплатным доступом [19, 20]. Обработка полученных от них данных проводилась в свободно распространяемом

программном комплексе SNAP. В ходе проведенного исследования использовались снимки оптического диапазона, пространственное разрешение которых следующее: Landsat 8 и Landsat 9 (от 26.03.2015; 18.07.2016; 28.05.2018; 31.07.2018; 01.09.2018; 03.09.2020; 30.06.2021; 28.08.2022; 07.11.2021) – 15 и 30 м; Sentinel-2A и 2B (от 04.05.2016; 16.06.2016; 25.08.2016; 04.09.2016; 04.10.2016; 29.05.2017; 30.08.2017; 09.10.2017; 16.06.2018; 25.08.2018; 21.09.2018; 11.10.2018; 26.07.2016; 29.04.2018; 29.05.2018; 28.06.2018; 31.07.2018; 08.03.2019; 27.04.2019; 08.04.2021; 21.08.2021; 26.04.2022; 18.10.2022; 18.04.2023) – 10 и 20 м.

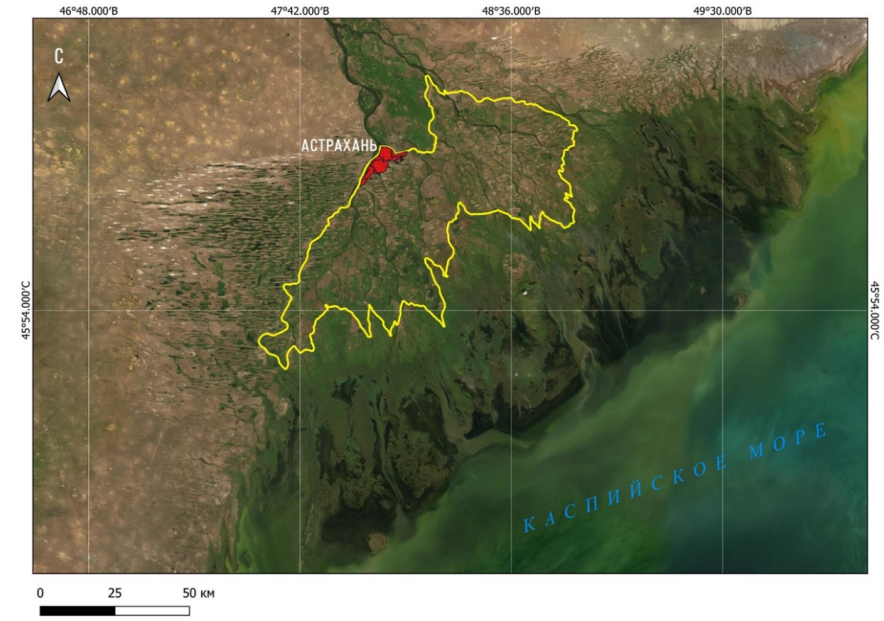


Рисунок 1 – Границы центрального подрайона ландшафта дельты реки Волги (выделены авторами)

Дополнительно при проведении исследований применялся метод распознавательного дешифрирования снимков высокого разрешения. Последние были получены из информационной системы Google Earth. Результаты дешифрирования картографически фиксировались на снимках. Данный метод уже получил апробирование при исследовании других дельтовых регионов [11, 12].

Результаты и их обсуждение

Начальным этапом в ходе определения типов сельскохозяйственных угодий, как возделываемых, так и находящихся в состоянии залежей, стало уточнение их границ. Они достаточно четко просматривались как на космических снимках, так и на топографических картах региона исследования. В роли границ угодий того или иного типа в большинстве случаев выступают оросительные каналы, дренажные системы, а также насыпные валы, защищавшие угодья от половодья и паводков. Анализ разновременных материалов ДЗЗ и картографического материала показывает, что положение границ в большинстве случаев за последние несколько десятилетий остается неизменным.

В проведенном исследовании нашли применение радиолокационные данные аппарата Sentinel 1. Как показывает мировой опыт, их применение для анализа земель сельскохозяйственного назначения неуклонно возрастает [21–22, 24, 30]. Особенно они актуальны для анализа состояния залежных земель, так как основаны на взаимосвязи состояния растительности с параметрами объемного рассеивания. По всей видимости, информация радиодиапазона, в отличие от данных видимого диапазона, с большей степенью объективности отражает особенности засоления, разнообразия растительного покрова и увлажнения на тех или иных типах земель. Данный метод не получил в настоящее время широкого применения, но представляется весьма перспективным, как и применение нормализованного индекса, базирующегося на пространственном отношении поляризационных режимов, или «радарных NDVI» [13].

Различные участки земной поверхности обладают отличающимися друг от друга особенностями отражения рассеивания испускаемого радарного сигнала, что и лежит в основе формирования изображения [16]. Поверхность угодий сельскохозяйственного назначения нередко

представлена пашней или посевами сельскохозяйственных культур, в том числе и с вегетирующими растениями. Большое значение имеет показатель влажности почвенно-растительного покрова, который определяет его диэлектрическую проницаемость.

Для лучшего восприятия и дальнейшего практического использования были составлены псевдоцветные изображения (RGB-композиты). Здесь изображение в поляризации VV соответствует красному каналу, в поляризации VH – зеленому, а частное, полученное от деления изображений в поляризации VV и VH, – синему. Принимая во внимание исследования, проведенные в предыдущие годы [29, 31], были подготовлены разновременные сведения, информация в которых была взаимосвязана как по геометрическим показателям, так и по шумовым отметкам.

Последующая работа с укрупненными фрагментами многовременных композитов Sentinel1-A дала возможность сделать вывод о том, что залежи в исследуемом подрайоне ландшафта дельты Волги имеют свои отличительные особенности на радиолокационном изображении, что выражается в разнообразии яркости основного цвета. Данный факт связан с дифференцированным характером увлажнения и видового состава почвенно-растительного покрова залежных земель. Например, трансформированным в ходе сельскохозяйственного использования локальным геосистемам с низкими показателями влажности соответствует характер отражения радиосигнала, который отмечается и у бэровских бугров – зональных пустынных геосистем исследуемого региона. Своеобразной мозаичностью на изображениях отличаются залежные земли с более высоким уровнем увлажнения и дифференцированным проективным покрытием как рудеральной, так и естественной растительностью (рис. 2). Земли с четко выраженным типом использования могут иметь ту или иную цветовую гамму. Особенно это характерно для искусственных водоемов, сигнал от которых во многом аналогичен особенностям отражения от естественных водных геосистем – ильменей, ериков и т. п.

Для решения поставленных задач применения одного типа данных было недостаточно, поэтому при выполнении исследования использовались также данные оптического диапазона, полученные от аппаратов Sentiel-2A и Sentiel-2B, а также Landsat 8 и Landsat 9. Создание цветового RGB-синтеза изображений, полученных в разные сезоны вегетации растений (R – начало, G – середина и B – конец вегетационного периода), дает возможность определить особенности использования земель. Для синтеза использовалась информация в ближнем инфракрасном канале (0,76–0,90 мкм), так как в этом диапазоне отмечаются наибольшие различия между угодьями без растительности и участками с вегетирующей растительностью, в том числе и сельскохозяйственного назначения. Помимо этого, использовались вегетационные индексы, в том числе NDVI, который получил уже достаточно широкое применение при исследовании геосистем, используемых в сельском хозяйстве [17, 18]. Представленные в ходе расчета индексов сведения объединялись в один разновременный индекс.

а *б*

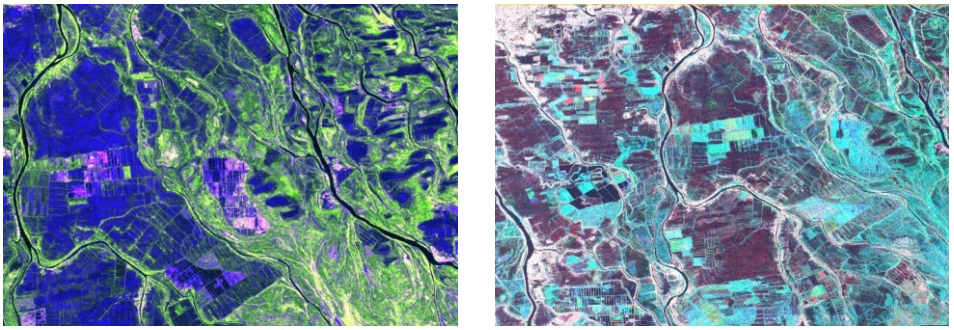


Рисунок 2 – *а* – образец обработанного снимка Sentinel-1A на территорию дельты Волги. Композитное RGB-изображение: R – интенсивность сигнала в поляризации VV; G – интенсивность сигнала в поляризации VH; B – частное от деления интенсивности в поляризации VV на интенсивность в поляризации VH. *б* – фрагмент синтезированного радиолокационного RGB-изображения: R – снимок конца весны, VV-поляризация; G – снимок конца лета, VH-поляризация; B – снимок середины осени, VH-поляризация.

На снимках угодья сельскохозяйственного назначения распознаются достаточно хорошо, так как они чаще всего имеют форму прямоугольников разного цвета, что обусловлено тем или иным этапом вегетации растений. Залежные земли на синтезированных разновременных снимках имеют фиолетово-коричневые оттенки в виду их слабой сезонной изменчивости.

Определенные трудности возникают при определении целевого назначения земель. Они связаны с привлечением к проводимым исследованиям данных дистанционного зондирования Земли, получаемых в весенний период. Это обусловлено тем, что многие участки залежных земель в это время по своим яркостным показателям почти совпадают с возделываемыми угодьями. Точная идентификация таких антропогенных модификаций природных геосистем потребовала проведения большого количества полевых рекогносцировочных исследований по всему центральному подрайону ландшафта дельты Волги. Площадь охваченной территории составила 3899,4 км^2.

Определенную роль в состоянии и развитии залежей имеет их возраст. При его определении учитывается тот промежуток времени, который прошел после последнего возделывания участка. Однако, как показывает практика, в настоящее время нередко залежные земли, особенно молодые, вновь переходят в категорию возделываемых, а затем обратно. В результате возникают большие трудности с их фиксированием, что обусловлено анализом большого временного промежутка в архиве снимков аппаратов Landsat 8 и Landsat 9, Sentiel-2A и Sentiel-2B. Трудности возникают также при получении официальной информации об использовании земель. В результате, помимо сведений, полученных в ходе ДЗЗ, возраст залежей определялся по особенностям их сорно-рудеральной растительности, которые зависят от следующих факторов: технологии возделывания земли, состава культурной растительности, длительности распашки, относительной высоты участка, типа естественной растительности, произрастающей до возделывания на участке культурных видов.

Проведенные в рассматриваемом регионе исследования позволили выделить типы сельскохозяйственных угодий, возделываемых в настоящее время или находящихся в состоянии залежей (рис. 3).

В ходе выполненных работ было отмечено некоторое изменение типов землепользования в исследуемом регионе. Ранее существовавшие рыбоводные пруды могут использоваться под пашню, а возделываемые сельскохозяйственные угодья быть переведены в разряд земель под застройку. Одним из важных результатов проведенных исследований стало выявление тесной корреляции между особенностями локальных геосистем центрального подрайона ландшафта дельты реки Волги и установленными группами сельскохозяйственных угодий (табл.). Результаты исследований показали, что участки со сложной морфологической структурой естественного ландшафта практически не подвергались существенному хозяйственному использованию, в том числе и в агропроизводстве. Примерами могут служить участки к востоку от с. Икряное, южнее с. Марфино и т. д. Под распашку как ранее, так и в настоящее время в основном используются култучноравнинные урочища, особенно плоские, а также мелкогривистые русловые и межбугровые урочища.

Таблица – Площадь залежей и пашни в урочищах центрального подрайона ландшафта дельты реки Волги

Название урочищ	Площадь залежей в урочищах		Площадь пашни вурочищах	
	в км^2	в % от общей площади залежей	в км^2	в % от общей площади пашни
Русловые урочища среднего уровня	14,48	1,5	2,61	2,82
Русловые урочища высокого уровня, плоские	2,52	0,26	1,7	1,84
Мелкогривистые русловые урочища низкого уровня	92,182	9,57	12,30	13,3
Русловые урочища среднего уровня, пологоволнистые	11,71	1,22	1,42	1,54
Русловые урочища низкого уровня, пологовогнутые	32,09	3,33	5,57	6,02
Русловые урочища низкого уровня	12,67	1,32	1,21	1,31
Русловые урочища среднего уровня, гривистые	9,32	0,97	4,31	4,66
Мелкогривистые русловые урочища среднего уровня	92,81	9,64	8,79	9,5
Мелкогривистые русловые урочища высокого уровня	17,4	1,81	1,10	1,19
Русловые урочища высокого уровня, пологоволнистые с ленточными лесами	0,41	0,04	–	–
Русловые урочища низкого уровня, гривистые	0,673	0,07	–	–
Межбугровой ильмень	18,42	1,91	2,21	2,39
Межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, среднего уровня	25,46	2,64	0,58	0,63
Межбугровые урочища, пологовогнутые равнинные, низкого уровня	13,18	1,37	0,56	0,61

Продолжение таблицы

Межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, высокого уровня	21,290	2,21	10,29	11,12
Култучный ильмень	12,69	1,32	0,61	0,66
Култучноравнинные урочища гривистые среднего уровня	9,79	1,02	–	–
Култучноравнинные урочища среднего уровня, пологовогнутые	7,81	0,81	–	–
Култучноравнинные урочища среднего уровня, плоские	203,55	21,14	18,14	19,61
Култучноравнинные урочища низкого уровня, плоские	200,15	20,79	10,51	11,36
Култучноравнинные урочища высокого уровня, плоские	74,73	7,76	6,71	7,25
Култучноравнинные урочища низкого уровня гривистые	18,75	1,95	0,028	0,03
Ильмень русловой	8,29	0,86	1,11	1,2
Гривистые урочища среднего уровня, сформировавшиеся на основе морских островов	8,92	0,93	2,14	2,31
Гривистые урочища низкого уровня, сформировавшиеся на основе морских островов	4,64	0,48	–	–
Култучноравнинные урочища гривистые высокого уровня	7,21	0,75	–	–
Гривистые и крупногривистые урочища высокого уровня, сформировавшиеся на основе морских островов	13,1	1,36	0,60	0,65
Бугры Бэра и шлейфы бугров	28,6	2,97	–	–
Итого	962,85	100	92,5	100
Общая площадь залежных земель	962,85			
Общая площадь земель, используемых под пашню	92,5			

Заключение

Для анализа особенностей сельскохозяйственного использования геосистем центрального подрайона ландшафта дельты реки Волги были использованы данные ДЗЗ, дополненные результатами полевых ландшафтных исследований по определенным маршрутам.

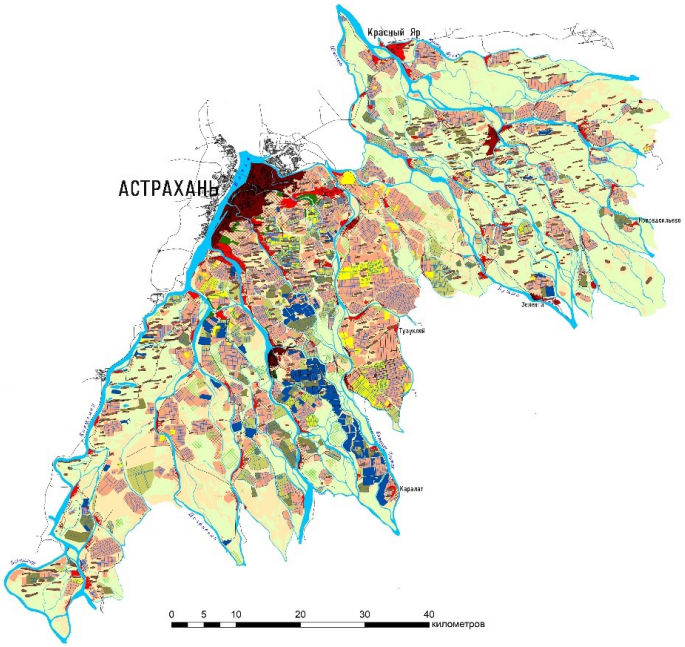
Проведенная работа показала, что данные радиодиапазона от аппарата Sentinel-1A вполне соответствуют для решения поставленных задач. При этом учитываются яркостные показатели цвета на радиолокационном изображении, которые зависят в первую очередь от особенностей современного растительного покрова и характера увлажнения почвы. Улучшение выходных данных можно достичь путем заложения набора сигнатур на базе существующей информации о севооборотах, а также путем применения полнополяризованных данных, с помощью которых возникает возможность расчета так называемых «радарных вегетационных индексов» [23].

Необходимо отметить, что в последние годы сведения радиодиапазона нередко становятся базовым источником сведений, используемых при картографировании объектов землепользования. При этом возникают определенные трудности, связанные с воздействием тех или иных факторов на интенсивность обратного сигнала, получаемого от объекта на местности. Это может быть природно-антропогенная специфика исследуемого региона, характеристика съемочной аппаратуры и др. В связи с этим распознавание и оценка состояния земель, используемых в сельском хозяйстве требует применения дополнительных общедоступных ДЗЗ, которые могут быть получены от аппаратов Sentinel-2A и Sentinel-2B.

Особенности состояния сельскохозяйственных угодий могут быть выявлены в результате цветового синтеза изображений, полученных в разные отрезки времени. При этом используются NDVI, также имеющие разную датировку. При работе с водными объектами, как природными, так и антропогенными, применялся модифицированный NDVI [26, 28]. В перспективе, учитывая низкий уровень проективного покрытия растительности в некоторых урочищах дельты Волги, возможно применение и других вегетационных индексов, например, SAVI (почвенный ВИ; Soil Adjusted VI) [25].

Одной из важнейших особенностей практически всех исследований геоэкологической направленности являются глубокие знания ландшафтных особенностей исследуемого региона, поскольку именно природные геосистемы разного ранга продолжают оставаться главной «ареной» различных видов хозяйственной деятельности человека. Выполненная работа базировалась на детальных ландшафтных исследованиях дельты Волги, которые продолжаются и по настоящее время. Некоторое изменение структуры землепользования в дельте Волги повышает актуальность проводимых изысканий.

В ходе проведенной работы были сформированы векторные данные, подготовленные в формате шейп-файл (.shp). Они имеют несколько векторных слоев, в каждом из которых заключена атрибутивная информация об особенностях рассматриваемых сельскохозяйственных угодий.



– застройка городская

– застройка крупных населенных пунктов

– застройка мелких населенных пунктов, одиночные постройки

– застройка дачная

– территории, ранее используемые как пашни, с присвоенным статусом земель под застройку

– заливные территории (пастбища, луга)

- луга не заливаемые или редко заливаемые, территории с древесно-кустарниковой растительностью

- искусственные водные объекты (пруды)

- реки, водотоки, ильмени

– залежи без растительности или с редким проективным покрытием естественно-рудеральной растительностью

– залежи с умеренным проективным покрытием естественно-рудеральной растительностью

– залежи с высоким проективным покрытием древесно-кустарниковой естественно-рудеральной растительностью

– возделываемые сельскохозяйственные территории

– бугры Бэра (без учёта антропогенного воздействия)

– участки повышенного антропогенного воздействия (постройки, территории у населенных пунктов и т. п.)

– участки антропогенного воздействия, преимущественно сельскохозяйственого (сенокосы)

– дороги

Рисунок 3 – Пространственное распределение типов сельскохозяйственных земель в центральной части дельты Волги (жирным шрифтом выделены геосистемы, в которых залежи и пашни занимают наибольшие площади)

Анализ геосистем центрального подрайона ландшафта дельты Волги, используемый в сельском хозяйстве, позволил получить количественные показатели, касающиеся как возделываемых земель, так и залежей. В перспективе они могут быть использованы для пространственного анализа современного ландшафтного покрова всей дельты Волги (рис. 4).

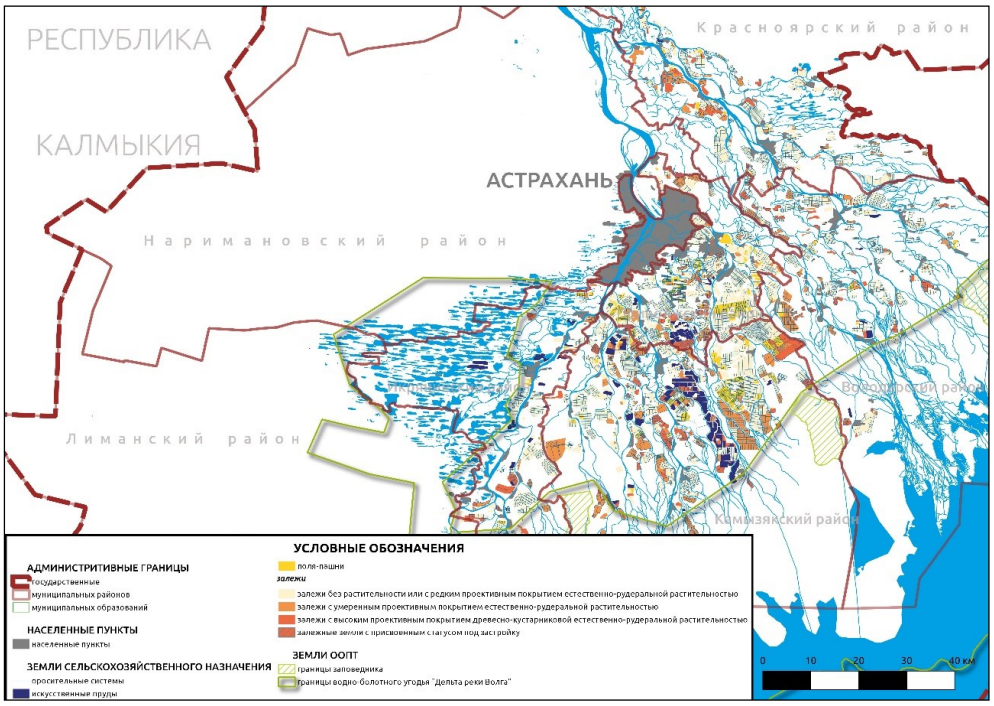


Рисунок 4 – Пространственное распределение типов хозяйственного использования геосистем в дельте реки Волги (подготовлено авторами)

Применяемая методика исследований может быть использована при проведении аналогичных работ в других регионах. Результаты проведенных исследований использованы при организации работ в сфере агропромышленного комплекса, а также при организации мероприятий геоэкологической направленности и охраны окружающей среды рассматриваемого региона.

Список литературы

1. Бармин А. Н., Валов М. В., Иолин М. М., Шуваев Н. С. Влияние гидрометеорологических и эдафических факторов на динамику фитоценозов лугов нижнего уровня дельты реки Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2015. № 3 (58). С. 19–27.
2. Валов М. В., Бармин А. Н., Иолин М. М. Почвы дельты реки Волги: изменение содержания водорастворимых солей в меняющихся экологических условиях // Геология, география и глобальная энергия. 2015. № 1 (56). С. 141–153.
3. Валов М. В., Бармин А. Н., Колотухин А. Ю., Бармина Е. А. Влияние первичных и вторичных экологических факторов на динамику почвенно-растительного покрова долгопойменных территорий интразональных дельтовых ландшафтов реки Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 2 (65). С. 93–104.
4. Валов М. В., Колотухин А. Ю., Бармин А. Н., Татаринцев С. А., Колчин Е. А. Изменения климатических температурных условий в дельте р. Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2020. № 4 (79). С. 155–163.
5. Жукова Е. Ю., Андрианова Е. А. Характеристика растительности залежных земель окрестностей г. Черногорска республики Хакасия // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2013. № 3. С. 9–13.
6. Занозин В. В., Бармин А. Н., Занозин В. В. Использование ГИС-технологий в ландшафтном картировании дельты Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 4 (67). С. 96–101.
7. Занозин В. В., Занозин В. В., Бармин А. Н. Ретроспективный анализ структурно-функциональных особенностей естественных природно-территориальных комплексов дельты Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 2 (65). С. 104–110.
8. Занозин В. В., Занозин В. В., Бармин А. Н. Особенности районирования дельтовых ландшафтов // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 3 (70). С. 134–142.
9. Занозин В. В., Бармин А. Н. Культучноравнинные урочища центральной части ландшафта дельты р. Волги: генезис, морфология и пространственное размещение // Астраханский вестник экологического образования. 2019. № 3 (51). С. 62–71.
10. Занозин В. В., Бармин А. Н. Особенности морфологической структуры центральной части ландшафта дельты р. Волги // Региональные геосистемы. 2020. Т. 44, № 1. С. 16–28.
11. Кравцова В. И., Михайлов В. Н. Антропогенные изменения геосистем современной дельты Хуанхэ // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2017. № 1 (2). С. 33–42.

12. Кравцова В. И. Картографирование природных и антропогенных геосистем дельты Дуная по космическим снимкам // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2019. № 1. С. 3–10.

13. Мышляков С. Г. Возможности радарных снимков Sentinel-1 для решения задач сельского хозяйства // Геоматика. 2016. № 2 (31). С. 16–24.

14. Низкий С. Е. Заселение древесной растительностью залежей в условиях южной сельско-хозяйственной зоны // Альманах современной науки и образования. 2014. № 4 (83). С. 111–113.

15. Никонов М. В., Смирнов И. А. Некоторые особенности зарастания агроландшафтов на земле Новгородской // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2014. № 76. С. 58–60.

16. Справочник по радиолокации : в 2 кн. / под общ. ред. М. И. Сколника ; пер. с англ. под общ. ред. В. С. Вербы. Москва: Техносфера, 2015. Кн. 2. 680 с.

17. Табунщик В. А., Петлюкова Е. А., Хитрин М. О. Применение спутниковых снимков Sentinel-2 для анализа земель, используемых в сельском хозяйстве (на примере Раздольненского района Республики Крым) // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2018. №1 (5). С. 43–57.

18. Терехин Э. А. Оценка спектрально-отражательных свойств залежных земель с использованием спутниковых данных // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия. Естественные науки. 2017. № 4 (253). С. 161–168.

19. URL: https://scihub.copernicus.eu.

20. URL: https://earthexplorer.usgs.gov.

21. AgriSAR 2009. Technical Assistance for the Implementation of the AgriSAR 2009 Campaign. Final Report. Vol. 1. Executive Summary, Data Acquisition, Data Simulation / AgriSARTeam. MDA Systems Ltd., 2011. 590 p.

22. Bazzi H., Baghdadi N., El Hajj M., Zribi M., Minh D. H. T., Ndikumana E., Courault D., Belhouchette H. Mapping Paddy Rice Using Sentinel-1 SAR Time Series in Camargue, France // Remote Sensing. 2019. № 11. 887 p.

23. Dinesh Kumar S., Srinivasa Rao S., Sharma J. R. Radar Vegetation Index as an Alternative to NDVI for Monitoring of Soyabean and Cotton // Indian Cartographer. 2013. Vol. V, № XXXIII. P. 91–96.

24. Filgueiras R., Everardo Chartuni Mantovani, Daniel Althoff, Elpídio Inácio Fernandes Filho, Fernando França da Cunha Crop. NDVI Monitoring Based on Sentinel 1 // Remote Sensing. 2019. № 11. 1441 p.

25. Huete A. R. A soil-adjusted vegetative index (SAVI) // Remote Sens. Environ. 1988. № 25. P. 295–309.

26. Ji L., X. Geng, K. Sun, Y. Zhao and P. Gong Target detection method for water mapping using Landsat 8 OLI/TIRS imagery // Water. 2015. Vol. 7, № 2. P. 794–817.

27. Lesiv M., Schepaschenko D., Moltchanova, E., Bun R., Dürauer M., Prishchepov A., Schierhorn F., Estel S., Kuemmerle T., Alcantara Concepcion Pedro Camilo, Kussul N., Shchepashchenko M., Kutovaya O., Martynenko O., Karminov V., Shvidenko A., Havlík P., Kraxner F., See L., Fritz S. Spatial distribution of arable and abandoned land across former Soviet Union countries // Scientific Data. 2018. Vol. 5. P. 180056. doi: 10.1038/sdata.2018.56.

28. McFeeters S. K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. 1996. № 17. P. 1425–1432.

29. Sun C., Bian Y., Zhou T., Pan J. Using of Multi-Source and Multi-Temporal Remote Sensing Data Improves Crop-Type Mapping in the Subtropical Agriculture Region // Sensors (Basel). 2019. Vol. 19, № 10. P. 2401. doi: 10.3390/s19102401.

30. Vreugdenhil M., Wagner W., Bauer-Marschallinger B., Pfeil I., Teubner I., Rüdiger C., Strauss P. Sensitivity of Sentinel-1 Backscatter to Vegetation Dynamics: An Austrian Case Study // Remote Sens. 2018. № 10. P. 1396.

31. Whelen T., Siqueira P. Time-series classification of Sentinel-1 agricultural data over North Dakota // Remote Sensing Letters. 2018. № 9. P. 411–420. doi: 10.1080/2150704X.2018.1430393.

References

1. Barmin A. N., Valov M. V., Iolin M. M., Shuvaev N. S. Influence of hydrometeorological and edaphic factors on the dynamics phytocenosis meadows of low Volga river. *Geology, Geography and Global Energy.* 2015; 3(58):19–27 (In Russ.).

2. Valov M. V., Barmin A. N., Iolin M. M. Volga delta soils: changes of the content of water soluble salts under changing environmental conditions. *Geology, Geography and Global Energy.* 2015; 1(56):141–153 (In Russ.).

3. Valov M. V., Barmin A. N., Kolotukhin A. Yu., Barmina E. A. Influence of primary and secondary environmental factors on the dynamics of soil and vegetation cover of long-floodplain areas of intrazonal deltaic landscapes of the Volga River. *Geology, Geography and Global Energy.* 2017; 2(65):93–104 (In Russ.).

4. Valov M. V., Barmin A. N., Kolotukhin A. Yu., Tatarintsev S. A., Kolchin E. A. Changes in climatic temperature conditions in the Volga River delta. *Geology, Geography and Global Energy.* 2020; 4(79):155–163 (In Russ.).

5. Zhukova E. Yu., Andrianova E. A. Characteristics of the vegetation of the fallow lands around Chernogorsk in the Republic of Khakassia. *Katanov State University Bulletin.* 2013; 3:9–13 (In Russ.).

6. Zanozin V. V., Barmin A. N., Zanozin V. V. GIS technologies in landscape mapping of the Volga River Delta. *Geology, Geography and Global Energy.* 2017; 4(67):96–101 (In Russ.).

7. Zanozin V. V., Zanozin V. V., Barmin A. N. Retrospective analysis of structural and functional peculiarities of natural geographical complexes of the Volga river delta. *Geology, Geography and Global Energy.* 2017; 2(65):104–110 (In Russ.).

8. Zanozin V. V., Barmin A. N. Features of delta landscape zoning. *Geology, Geography and Global Energy.* 2018; 3(70):134–142 (In Russ.).

9. Zanozin V. V., Barmin A. N. Kultuc tracts of the central part of the Volga River delta landscape: genesis, morphology and spatial distribution. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education.* 2019; 3(51):62–71 (In Russ.).

10. Zanozin V. V., Barmin A. N. Morphological features of the central part of the Volga delta landscape. *Regional Geosystems*. 2020; 1(44):16–28 (In Russ.).

11. Kravtsova V. I., Mikhajlov V. N. Anthropogenic transformation of geosystems in the present-day Huang He delta. *Moscow University Bulletin*. 2017; 1(2):33–42 (In Russ.).
12. Kravtsova V. I. Mapping of natural and anthropogenic geosystems of the Danube river delta by satellite imagery. *Moscow University Bulletin.* 2019; 1:3–10 (In Russ.).
13. Myshlyakov S. G. Sentinel-1 radar imaging capabilities for agriculture. *Geomatics.* 2016; 2(31):16–24. (In Russ.).
14. Nizkiy S. E. Filling fallow lands with woody vegetation in conditions of south agricultural zone. *Almanac of Modern Science and Education.* 2014; 4(83):111–113 (In Russ.).
15. Nikonov M. V., Smirnov I. A. Some peculiarities of farmland overgrowing in Novgorod region. Vestnik of Yaroslav the Wise Novgorod State University. 2014; 76:58–60. (In Russ.).
16. *Radar Handbook.* Under the general editorship of M.I. Skolnik. Moscow: Technosphere, 2015:680 (In Russ.).
17. Tabunshchik V. A., Petlyukova E. A., Khitrin M. O. Application of Sentinel-2 satellite images for analysis of lands used in agriculture (by the example of Razdolnenskiy district of the Republic of Crimea). *Proceedings of the T.I. Vyazemsky Karadag scientific station – Nature Reserve of the RAS.* 2018; 1(5):43–57. (In Russ.).
18. Teryokhin E. A. Assessment of spectral reflective properties of fallow lands using satellite data. *Scientific Bulletins of Belgorod State University. Series Natural Sciences.* 2017; 4(253):161–168 (In Russ.).
19. URL: https://scihub.copernicus.eu.
20. URL: https://earthexplorer.usgs.gov.
21. *AgriSAR 2009. Technical Assistance for the Implementation of the AgriSAR 2009 Campaign. Final Report. V.1 Executive Summary, Data Acquisition, Data Simulation.* AgriSARTeam. MDA Systems Ltd.; 2011:590.
22. Bazzi H., Baghdadi N., El Hajj M., Zribi M., Minh D.H.T., Ndikumana E., Courault D., Belhouchette H. Mapping Paddy Rice Using Sentinel-1 SAR Time Series in Camargue, France. *Remote Sensing*, 2019; 11:887.
23. Dinesh Kumar S., Srinivasa Rao S., Sharma Radar J. R. Vegetation Index as an Alternative to NDVI for Monitoring of Soyabean and Cotton. *Indian Cartographer*. 2013; 5(33):91–96.
24. Filgueiras R., Everardo Chartuni Mantovani, Daniel Althoff, Elpídio Inácio Fernandes Filho, Fernando França da Cunha Crop NDVI Monitoring Based on Sentinel 1. *Remote Sensing*. 2019; 11:1441.
25. Huete A.R. A soil-adjusted vegetative index (SAVI). *Remote Sens. Environ.* 1988; 25:295–309.
26. Ji L., X. Geng, K. Sun, Y. Zhao and P. Gong Target detection method for water mapping using Landsat 8 OLI/TIRS imagery. *Water.* 2015; 7(2):794–817.
27. Lesiv M., Schepaschenko D., Moltchanova, E., Bun R., Dürauer M., Prishchepov A., Schierhorn F., Estel S., Kuemmerle T., Alcantara Concepcion Pedro Camilo, Kussul N., Shchepashchenko M., Kutovaya O., Martynenko O., Karminov V., Shvidenko A., Havlík P., Kraxner F., See L., Fritz S. Spatial distribution of arable and abandoned land across former Soviet Union countries. *Scientific Data.* 2018; 5:180056. doi: 10.1038/sdata.2018.56.
28. McFeeters S.K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing.* 1996; 17:1425–1432.
29. Sun C., Bian Y., Zhou T., Pan J. Using of Multi-Source and Multi-Temporal Remote Sensing Data Improves Crop-Type Mapping in the Subtropical Agriculture Region. *Sensors (Basel).* 2019; 19(10):2401. doi: 10.3390/s19102401.
30. Vreugdenhil M., Wagner W., Bauer-Marschallinger B., Pfeil I., Teubner I., Rüdiger C., Strauss P. Sensitivity of Sentinel-1 Backscatter to Vegetation Dynamics: An Austrian Case Study. *Remote Sens.* 2018; 10:1396.
31. Whelen T., Siqueira P. Time-series classification of Sentinel-1 agricultural data over North Dakota. *Remote Sensing Letters.* 2018; 9:411–420. doi: 10.1080/2150704X.2018.1430393.

Информация об авторах
Занозин В.В. – кандидат географических наук, доцент;
Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор;
Занозин В. В. – кандидат географических наук, доцент;
Валов М. В. – кандидат географических наук, доцент;
Занозина Е. В. – магистрант.

Information about the authors
Zanozin V. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Barmin A. N. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor;
Zanozin V. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Valov M. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Zanozina E. V. – master's student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.12.2023; одобрена после рецензирования 12.01.2024; принята к публикации 23.01.2024.
The article was submitted 20.12.2023; approved after reviewing 12.01.2024; accepted for publication 23.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 75–80.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):75–80 (In Russ.).

Научная статья
УДК 911.5 (470.345)
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_75

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ В МОРДОВИИ КАК СРЕДСТВО АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА (В СВЕТЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ В.В. ДОКУЧАЕВА И Г.Г. ДАНИЛОВА)

Каверин Александр Владимирович[1]✉, Храмова Ангелина Алексеевна[2], Шаров Владислав Дмитриевич[3], Шиляев Иван Игоревич[4]
[1,2,3,4]Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск, Россия
[1]kaverinav@yandex.ru✉
[2]lina.xramova.03@bk.ru
[3]vlad.sharov2010@yandex.ru
[4]izidagida@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу с экологической точки зрения истории становления и развития агролесомелиорации в России и на территории Республики Мордовия. Представлена оценка влияния теоретических идей В.В. Докучаева на развитие агролесомелиорации. Рассмотрена роль научной школы профессора Г.Г. Данилова в области агролесомелиорации и внедрении их результатов в практику защиты агроландшафтов Мордовии от засухи и почвенной эрозии. Дано обоснование актуальности агролесомелиорации в регионе в современных условиях развития земледелия. Приведены предложения по экологической оптимизации развития агролесомелиоративных работ по пути создания агролесомелиоративных комплексов, в наибольшей степени адаптированных к изменениям климата.

Ключевые слова: агролесомелиорация, агролесомелиоративный комплекс, агроландшафты, адаптация, валовая продуктивность, лесистость, лесные полосы, почвоведение, чернозем, экологизация, энергообеспеченность, эрозия почв

Для цитирования: Каверин А. В., Храмова А. А., Шаров В. Д., Шиляев И. И. Агролесомелиорация в Мордовии как средство адаптации к изменению климата (в свете научного наследия В.В. Докучаева и Г.Г. Данилова) // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 75–80. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_75.

AGROFORESTRY IN MORDOVIA AS A MEANS OF ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE (IN THE LIGHT OF THE SCIENTIFIC HERITAGE OF V.V. DOKUCHAEV AND G.G. DANILOV)

Alexander V. Kaverin[1]✉, Angelina A. Khramova[2], Vladislav D. Sharov[3], Ivan I. Shilyaev[4]
[1, 2, 3, 4]National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia
[1]kaverinav@yandex.ru✉
[2]lina.xramova.03@bk.ru
[3]vlad.sharov2010@yandex.ru
[4]izidagida@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to analyzing the history of formation and development of agroforestry in Russia and the Republic of Mordovia from the ecological point of view. It presents an assessment of the influence of V.V. Dokuchaev's theoretical ideas on the development of agroforestry. Dokuchaev's theoretical ideas on the development of agroforestry. The role of the scientific school of Professor G.G. Danilov in the field of agroforestry and implementation of their results in the practice of protection of Mordovian agrolandscapes from drought and soil erosion is considered. Justification of the relevance of agroforestry reclamation in the region in modern conditions of agriculture development is given. Proposals on ecological optimization of agroforestry development on the way of creation of agroforestry complexes, adapted to climate change to the greatest extent.

Keywords: Agroforestry, agroforestry complex, agrolandscapes, adaptation, gross productivity, forest cover, forest belts, soil science, chernozem, ecologization, energy supply, soil erosion

For citation: Kaverin A. V., Khramova A. A., Sharov V. D., Shilyaev I.I . Agroforestry in Mordovia as a means of adaptation to climate change (in the light of the scientific heritage of V.V. Dokuchaev and G.G. Danilov). *Geology, Geography and Global Energy*. 2024;1(92):75–80. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_75 (In Russ.).

© Каверин А. В., Храмова А. А., Шаров В. Д., Шиляев И. И., 2024.

140 лет тому назад В. В. Докучаев защитил свой труд «Русский чернозём» и получил учёную степень доктора геогнозии, утвердив этим рождение новой науки – почвоведения. Исследование почв, изложенное в знаменитом труде, коснулось и территории Мордовии. В летние месяцы 1878 и 1882 гг. экспедиция В. В. Докучаева детально обследовала юго-восточную часть Нижегородской губернии (нынешние Больше-Игнатовский и Ичалковский районы Мордовии). В главе IV «Центральная чернозёмная Россия» [9, с. 359–366] автор описывает результаты комплексных исследований природы по маршруту Саранск – Корсунь – Симбирск, приводит описание чернозёмов в районах Саранска, Судосева, Больших Березников в пределах Присурья. Чернозём остаётся главным кормильцем человечества, а 50 % всех чернозёмов в России. В Республике Мордовия 34,6 % площади сельскохозяйственных угодий занимают чернозёмы, 46 % пашни представлено оподзоленными и выщелочными их подтипами [18, 28].

А ещё 75 лет тому назад стартовал один из самых масштабных проектов XX века – «Сталинский план преобразования природы». Задумка была грандиозной: за период с 1949 по 1965 г. по берегам Урала, Волги, Дона и других рек с севера на юг на сотни километров должны были бы протянуться огромные полезащитные лесополосы протяженностью 5320 км, а общая площадь новых лесов достичь более 4 млн га [2]. Они должны были стать мощным заслоном на пути суховеев из Средней Азии, защитить зерновые районы от засух и пыльных бурь, задерживать осадки и полностью прекратить поверхностный сток. Для закрепления песков было намечено посадить до 1955 г. леса на площади 322 тыс. га.

В 1949 г. широкая компания по агролесомелиорации началась и в Мордовии. Планом этих мероприятий предусматривалось посадить 56218 га лесных овражно-балочных насаждений [20], облесить 16898 га песков, создать 27733 га полезащитных лесных полос [21]. По завершении реализации плана общая лесистость Мордовии должна была повыситься на 10,9 % [1].

Однако большой размах работ по защитному лесоразведению не был подкреплён соответствующей материально-технической базой, а в 1953 г., в силу политических причин и безответственности исполнителей, агролесомелиоративные работы на территории Мордовии, как и в целом по Советскому Союзу, начали свёртываться. Из заложенных в 1949–1961 гг. 26700 га лесных полос на 1 января 1962 г. сохранилось лишь 5453 га, или 12,6 % [3]. Основными причинами их гибели явились: «несоблюдение агротехники подготовки почвы, нарушение технических правил посева и посадки, недостаточное количество уходов, использование недоброкачественного посевного и посадочного материала, отсутствие охраны, пастьба скота и бессистемные рубки подрастающих насаждений» [3, с. 18].

С 1958 по 1979 г. все научные исследования в области агролесомелиорации в Мордовии велись под научным руководством доктора сельскохозяйственных наук, заведующего кафедрой общего земледелия Мордовского государственного университета, профессора Г. Г. Данилова – верного ученика и продолжателя дела В. В. Докучаева в Мордовии [15]. Им были разработаны общие мероприятия по борьбе с эрозией почв, агротехнические приёмы улучшения пастбищ на склонах, мероприятия по созданию защитных противоэрозионных полос, механизации и организации противоэрозионных и агролесомелиоративных работ [3–7], сформирована «команда» ученых из многочисленных учеников и единомышленников (подготовлено: 31 кандидат и 1 доктор наук).

Однако научные достижения и положительный опыт работы Г. Г. Данилова, а также гениальная идея В. В. Докучаева в целом не получили широкого распространения в сельском хозяйстве России. Более того, в Каменной степи (где одному из авторов удалось побывать) наследие В. В. Докучаева практически исчерпалось, и только небольшое число ученых продолжает заниматься его наследием.

Но то, что не удалось сделать в России, стали изучать во всём мире. Опыт Каменной степи взяли на вооружение в Китае [2]. В итоге посадили миллионы лесополос, назвав их Второй Великой Китайской стеной. Если в начале 1980-х леса покрывали 12 % территорий Китая, то в 2022-м – 24,2 %. Сегодня страна занимает 1-е место в мире по площади полезащитных лесонасаждений. Только в 2022 г. в Китае посадили 3,83 млн га леса и восстановили 3,21 млн га деградированных пастбищ.

В последние годы бедные, мелкие фермеры Восточной Африки обратились к агролесомелиорации как к средству адаптации к изменению климата. Тематическое исследование, проведённое в Кении, показало, что внедрение агролесомелиорации одновременно способствовало накоплению углерода и увеличению средств к существованию среди мелких фермеров. В этом случае важными факторами явились поддержание разнообразия древесных пород, особенности землепользования и размер ферм [25].

Известно, что и в России полосное лесоразведение зародилось в начале XIX столетия с «древопольного хозяйства» агронома-практика В. Я. Ломиковского, который в 1809 г. начал создавать его на своих частных землях в зависимости от особенностей рельефа, почв, гидрологии с учётом хозяйственного использования земель [29]. Этот удивительный эксперимент около

200-х лет оставался непревзойдённым, пока фермер А. Богданов в Кантемировском районе Воронежской области под научным руководством профессора Воронежского государственного аграрного университета М. И. Лопырева не получил восхитительных результатов от внедрения на своих землях ландшафтной системы земледелия [16]. Она базируется на идеях В. В. Докучаева и законах экологии. Прежде всего выполнено специальное, устойчивое устройство сельскохозяйственной территории – агроландшафтов, сформированы новые, конструктивные агросреды, имитирующие природные ландшафты, расширено разнообразие структуры земельных угодий: создана новая экосистема «поле – лес – луг – вода». Общая лесистость повышена с 5 до 18 %. Пашня поделена на ландшафтные полосы шириной от 150 до 300 м с размерами рабочих участков в пределах 25–35 га. Установлено, что ландшафтный подход обеспечивает 70 % успеха борьбы с засухой. У фермера Александра Богданова в 2010 г., несмотря на аномальную жару, урожайность зерновых составила 32,5 центнера с га, в то время как средняя урожайность по району была 11 центнеров. Таким образом, засуха 2010 года показала необходимость придания приоритета внедрению засухоустойчивых и почвозащитных систем земледелия в рамках аграрной политики на всех уровнях. Климат меняется, природные аномалии возникают всё чаще, а противостоять им нужно и можно.

А что делается в этом плане в Мордовии при условии, что в регионе учащаются засухи? Напомним [14]: что, за последние 60 лет на территории Мордовии наиболее засушливыми и неурожайными были 1938, 1946, 1948, 1949, 1950, 1960, 1966, 1967, 1971, 1972 [3], 1976, 1986, 1988, 1996, 2005, 2010 годы [27]. По прогнозу Всемирной метеорологической организации количество засух должно возрастать по мере наблюдаемого с 1970 г. потепления климата. Этот прогноз подтверждается для территории Мордовии – здесь с 1991 г. выявлен отрицательный тренд осадков (6,6 мм за 10 лет) [27]. В Республике Мордовия обстановка в лесозащитном лесоразведении за последние 50 лет не улучшилась, хотя здесь 94,7 % пашни и 35 % пастбищ расположены на склонах разной крутизны, что при отсутствии противоэрозионной агротехники ведёт к деградации почв. Из них на сегодняшний день эродировано 307,8 тыс. га (20,2 %, в том числе дефлировано 56,7 тыс. га) [23, 24].

Сегодня для того, чтобы получать высокие урожаи в Мордовии, учёные-агрохимики призывают «наращивать применение минеральных и органических удобрений, увеличить площадь известкования и фосфоритования кислых почв и активно внедрять приёмы биологизации земледелия» [30, с. 7]. Однако реализации этих призывов, по мнению экономистов, [8] препятствует общий дефицит энергообеспечения в аграрной отрасли Мордовии: для выполнения агротехнических мероприятий в оптимальные сроки требуется иметь энергообеспеченность в расчёте на 100 га сельскохозяйственных угодий не менее 300 л.с. Фактически же в Мордовии этот показатель составляет пока 143,4 л.с. И, как следствие, из-за нехватки энергетических мощностей и жидкого топлива в малых объёмах производятся работы по внесению органических удобрений (2020 г. внесено 692,6 тыс. при норме 1,2 млн т), по известкованию почв (в 2020 г. работы не проводились), по противоэрозионным мероприятиям (в 2020 г. не выполнялись) [23, 24].

В последние годы одной из ключевых задач для повышения урожайности сельхозкультур в Мордовии стало увеличение объёмов внесения минеральных удобрений. В 2022 г. сельхозпроизводители приобрели порядка 4,3 млн т минеральных удобрений в действующем веществе, что на 7 % выше показателя 2021 г. Если в 2021 г. на гектар посевов вносили минеральных удобрений в действующем веществе 60 кг, то в 2022 г. – 72,2 кг, а в 2023 г. – 73,3 кг [26].

Однако и при высоких темпах роста капитальных вложений в химизацию земледелия биологическая производительность региональной агроэкосистемы остаётся неустойчивой и не удовлетворяет требованиям времени. Так, валовые сборы зерна за последние 23 года (рис.) колеблются от 683 тыс. в 2000 г. до 2,0 млн в 2023 г. (т. е. максимум превышает минимум почти в 3 раза). А в «кошмарном» засушливом 2010 г. этот показатель упал до уровня ниже 1930 г., т. е. периода, когда технизация и химизация на полях Мордовии абсолютно не применялись. Такую ситуацию, когда колоссальные вложения средств в земледелие не окупаются урожаем из-за эрозионных процессов в агроландшафтах, отечественный классик науки об эколого-ландшафтных системах земледелия профессор Воронежского ГАУ М. И. Лопырев очень метко сравнил с «добротной отделкой квартир в аварийном доме» [19, с. 12].

Кроме прочего, использование интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур требует энергетических затрат. Специальные исследования показали, что в землях, нарушенных эрозией, энергетическая эффективность земледелия значительно ниже, чем в устойчивых агроландшафтах [10, 11]. В этой связи, опираясь на научное наследие В. В. Докучаева и Г. Г. Данилова, необходимо ещё раз отметить, что гарантией высокой и устойчивой продуктивности агроэкосистем в Республике может стать лишь стройная система лесомелиоративных мероприятий. Создание законченной системы лесозащиты потребует занять 102 тыс. га, или 3,9 % от общей территории Мордовии, которой необходимо возвратить её природные леса. Урожайность на полях, окаймленных лесом, может повыситься в 1,5 раза по сравнению с безлесными [7].

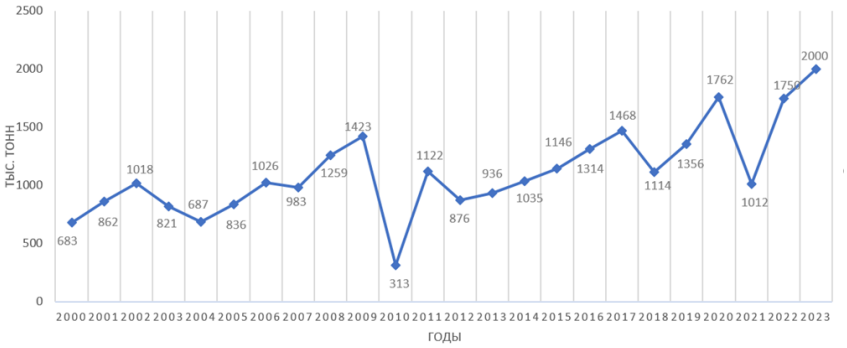


Рисунок – Валовой сбор зерна за 2000–2023 гг. в Республике Мордовия

С позиций современной агролесомелиоративной науки [17, 22], для реализации этой задачи единственно радикальным и реально доступным средством её решения видится создание агролесомелиоративных комплексов. Именно комплексов, а не отдельных лесопосадок и даже не отдельных систем полезащитных полос и овражно-балочных, водоохранных, декоративно-озеленительных и других насаждений. Стержневой основой этих комплексов будет служить экологизация и ландшафтно-адаптивное природопользование. Непременное условие адаптивности, сложившееся за последние годы, – принцип формирования агрокомплексов, при котором организующей конвой являются не отдельные хозяйства или севообороты, а геоморфоструктурные образования, такие, как, например, водосборные бассейны. Решить эту задачу в условиях Мордовии можно сравнительно быстро, если опираться на научно-практическое наследие Г. Г. Данилова, его учеников и последователей.

Список литературы

1. Васильев П. В. Развитие социалистического лесного хозяйства СССР // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1950. С. 5–51.
2. Голубь Ю. Ваше высокоплодородие. Почему мечта русского учёного Докучаева сбылась не у нас, а в Китае // АиФ. 2023. № 45. С. 8.
3. Данилов Г. Г. Защитим поля от засухи и эрозии (Агролесомелиорация Мордовской АССР). Саранск: Мордов. кн. изд-во, 1972. 152 с.
4. Данилов Г. Г. Земледелие Мордовии: монография. Саранск: Морд. кн. изд-во, 1967. 231 с.
5. Данилов Г. Г. Из истории земледелия Мордовии. Саранск: Морд. кн. изд-во, 1964. 112 с.
6. Данилов Г. Г., Альмяшева М. С. Развитие эрозионных процессов и борьба с ними в междуречье Волги и Оки: ист. очерк / Мордов. гос. ун-т им. Н.П. Огарева. Саранск: Морд. кн. изд-во, 1975. 259 с.
7. Данилов Г. Г., Лобанов Д. А., Каргин И. Ф. Эффективность агролесомелиорации в Нечерноземной зоне РСФСР. Саранск: Морд. кн. изд-во, 1980. 169 с.
8. Дербенева Е. В., Полушкина Т. М. Сравнительный анализ зарубежного и российского опыта организации использования сельскохозяйственных земель // Научное обозрение. 2017. № 6. С. 51–54.
9. Докучаев В. В. Русский чернозем: отчет Вольному экономическому обществу / вступ. ст. В. Р. Вильямс, С. С. Соболев. 2-е изд. Москва: Сельхозгиз, 1952. 635 с.
10. Каверин А. В. Биоэнергетическая оценка эффективности возделывания продуктов земледелия (на примере возделывания зерновых в хозяйствах Мордовской АССР) // Вестн. с.-х. науки. 1983. № 6. С. 98–102.
11. Каверин А. В. Экологическая валюта земледелия // Энергия: экономика, техника, экология. 1985. № 8. С. 18–24.
12. Каверин А. В., Ненастин А. В., Гераськин М. М. Методы эколого-экономической оптимизации сельскохозяйственного землепользования в Мордовии // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2007. № 3. С. 22–25.
13. Каверин А. В., Гераськин М. М., Кручинкина Е. И., Сутягина С. Н. Региональное землепользование на пути к устойчивому развитию // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 1. С. 56–60.
14. Каверин А. В., Массеров Д. А., Храмова А. А. К вопросу о актуальности защиты агроландшафтов Мордовии от засухи и эрозии (в свете научного наследия Г.Г. Данилова) // Природные опасности: связь науки и практики: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию Михаила Ивановича Сумгина. Саранск, 2023. С. 158–162.
15. Каргин И. Ф. Выдающийся агроном Мордовии // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии получения сельскохозяйственной продукции: материалы Республиканской научно-практической конференции. 2007. С. 254–260.
16. Лопырев М. И., Постолов В. Д., Дедов А. В. и др. Каталог проектов агроландшафтов в земледелии (сохранение плодородия, территориальная организация систем земледелия, устойчивость к изменению климата) / под ред. М. И. Лопырева. Воронеж: Полиарт, 2010. 164 с.
17. Кулик К. Н., Беляев А. И., Пугачев А. М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов 2023 г. // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29, № 1 (94). С. 4–14.

18. Логинова Н. Н. Социально-экономическая география Республики Мордовия: учеб. пособие. Саранск, 2013. 152 с.

19. Лопырев М. И. Ландшафтное земледелие и землеустройство // Земледелие. 1980. № 10. С. 10–22.

20. Объяснительная записка к генеральной схеме освоения песчаных и овражно-балочных территорий по Мордовской АССР. Казань, 1949 // ЦГА МАССР. Ф. Р 1496, 0.1. Д. 121. Л. 1–46.

21. Объяснительная записка к схеме лесомелиоративных мероприятий по Мордовской АССР. Воронеж, 1955 // ЦГА МАССР. Ф. Р 1496, 0.2, Д. 23. Л. 1–12.

22. Петров Н. Г. Агролес и агросфера в канун третьего тысячелетия // Лесное хозяйство. 1996. № 4. С. 28–31.

23. Региональный доклад о состоянии и использовании земель в Республике Мордовия в 2020 г. Саранск, 2021. 98 с.

24. Региональный доклад о состоянии и использовании земель Республики Мордовия. Саранск: Крас. Окт., 2022. 99 с.

25. Реппин Саския, Куйя Сим, де Нергаард Андреас, Элофсе Майлс, Розенсток Тодд С. Вклад агролесоводства в смягчение последствий изменения климата и обеспечение средств к существованию в Западной Кении // Системы агролесоводства. 16 марта 2019 г. № 94. С. 203–220. DOI: 10.1007/s10457-019-00383-7.

26. С начала года объём приобретения минеральных удобрений вырос на 7%. // mcx.gov.ru. URL: https://mcx.gov.ru/press-service/news/s-nachala-goda-obyem-priobreteniya-mineralnykh-udobreniy-vyros-na-7/ (дата обращения: 29.11.2023).

27. Хлевина С. Е. Распространение и динамика засух в зоне широколиственных лесов правобережья Волги: автореф. дис. … канд. геогр. наук. Воронеж, 2012. 24 с.

28. Щетинина А. С. Почвы Мордовии: Справ. Агронома. Саранск: Морд. кн. изд-во, 1990. 256 с.

29. Чегодаева Н. Д., Каргин И. Ф., Астрадамов В. И. Влияние полезащитных лесных полос на водно-физические свойства почвы и состав населения жужелиц прилегающих полей. Саранск: Морд. кн. изд-во, 2005. 125 с.

30. Чекмарёв П. А. Сидоров А. В., Моисеев А. А. Динамика плодородия пахотных земель в Республике Мордовия // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 1. С. 4–8.

References

1. Vasiliev P. V. Development of the socialist forestry of the USSR. *Proceedings of Institute of Forests of the USSR Academy of Sciences*; 1950:5–51 (In Russ.).

2. Dove Yu. Your high fertility. Why did the dream of the Russian scientist Dokuchaev come true not here, but in China? *AiF.* 2023; 45:8 (In Russ.).

3. Danilov G. G. *Let's protect fields from drought and erosion (Agroforestry of the Mordovian Autonomous Soviet Socialist Republic).* Saransk: Mordovian Book Publishing House; 1972:152 (In Russ.).

4. Danilov G. G. *Agriculture of Mordovia: monograph.* Saransk: Mordovian Book Publishing House; 1967:231 (In Russ.).

5. Danilov G. G. *From the history of agriculture in Mordovia.* Saransk: Mordovian Book Publishing House; 1964:112 (In Russ.).

6. Danilov G. G., Almyasheva M. S. *Development of erosion processes and the fight against them in the interfluve of the Volga and Oka.* Mordov. State University named after N.P. Ogareva. Saransk: Mord. book publishing house; 1975:259 (In Russ.).

7. Danilov G. G. Lobanov I. F., Kargin D. A. *Efficiency of agroforestry in the Non-Chernozem zone of the RSFSR.* Saransk: Mordovian Book Publishing House; 1980:169 (In Russ.).

8. Derbeneva E. V., Polushkina T. M. Comparative analysis of foreign and Russian experience in organizing the use of agricultural land. *Scientific Review*. 2017; 6:51–54 (In Russ.).

9. Dokuchaev V. V. *Russian black soil: report to the Free Economic Society.* 2nd ed. Moscow: Selkhozgiz; 1952:635 (In Russ.).

10. Kaverin A. V. Bioenergy assessment of the efficiency of cultivating agricultural products (using the example of grain cultivation on the farms of the Mordovian Autonomous Soviet Socialist Republic). *Bulletin of Agricultural Sciences.* 1983; 6:98–102 (In Russ.).

11. Kaverin A. V. Ecological currency of agriculture. *Energy: Economics, Technology, Ecology*. 1985; 8:18–24 (In Russ.).

12. Kaverin A. V., Nenastin A. V., Geraskin M. M. Methods of ecological and economic optimization of agricultural land use in Mordovia. *Bulletin of Russian Agricultural Sciences*. 2007; 3:22–25. (In Russ.).

13. Kaverin A. V., Geraskin M. M., Kruchinkina E. I., Sutyagina S. N. Regional land use on the way to sustainable development. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2011; 1:56–60 (In Russ.).

14. Kaverin A. V., Masserov D. A., Khramova A. A. On the issue of the relevance of protecting the agricultural landscapes of Mordovia from drought and erosion (in the light of the scientific heritage of G.G. Danilov). *Natural hazards: connection between science and practice: materials of the III International scientific-practical conf., dedicated 150th anniversary of Mikhail Ivanovich Sumgin.* Saransk; 2023:158–162 (In Russ.).

15. Kargin I. F. Outstanding agronomist of Mordovia. *Resource-saving, environmentally friendly technologies for obtaining agricultural products: materials of the Republican Scientific and Practical Conference*; 2007:254–260 (In Russ.).

16. Lopyrev M. I., Postolov V. D., Dedov A. V. et al. *Catalog of projects of agricultural landscapes in agriculture (preservation of fertility, territorial organization of farming systems, resistance to climate change).* Voronezh: Publishing House "Polyart"; 2010:164 (In Russ.).

17. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in the fight against drought and desertification of agricultural landscapes 2023. *Arid Ecosystems*. 2023; 29; 1(94):4–14 (In Russ.).

18. Loginova N. N. *Socio-economic geography of the Republic of Mordovia: textbook.* Saransk: Publishing house; 2013:152 (In Russ.).
19. Lopyrev M. I. Landscape farming and land management. *Agriculture.* 1980; 10:10–22 (In Russ.).
20. Explanatory note to the general scheme for the development of sandy and ravine-gully territories in the Mordovian Autonomous Soviet Socialist Republic, Kazan, 1949. *Central State Administration of the MASSR*, F. R 1496; 0.1; 121:1–46 (In Russ.).
21. Explanatory note to the scheme of forest reclamation measures for the Mordovian Autonomous Soviet Socialist Republic. Voronezh, 1955. *TsGA MASSR*. F. R 1496; 0.2; 23:1–12 (In Russ.).
22. Petrov N. G. Agroforestry and agrosphere on the eve of the third millennium. *Forestry*. 1996; 4:28–31 (In Russ.).
23. *Regional report on the state and use of land in the Republic of Mordovia in 2020.* Saransk; 2021:98 (In Russ.).
24. *Regional report on the state and use of lands of the Republic of Mordovia.* Saransk: Kras. Oct. 2022:99 (In Russ.).
25. Reppin Saskia, Kuya Sim, de Neergaard Andreas, Elofse Miles, Rosenstock Todd S. "The contribution of agroforestry to climate change mitigation and livelihoods in Western Kenya". *Agroforestry systems.* March 16, 2019; 94:203–220. DOI: 10.1007/s10457-019-00383-7. ISSN 1572-9680 (In Russ.).
26. Since the beginning of the year, the volume of purchases of mineral fertilizers has increased by 7%. *mcx.gov.ru.* URL: https://mcx.gov.ru/press-service/news/s-nachala-goda-obyem-priobreteniya-mineralnykh-udobreniy-vyros-na-7/ (accessed 29.11.2023) (In Russ.).
27. Khlevina S. E. *Distribution and dynamics of droughts in the zone of broad-leaved forests on the right bank of the Volga: abstract of thesis. ... candidates of geographical sciences.* Voronezh; 2012:24 (In Russ.).
28. Shchetinina A.S. Soils of Mordovia: (Agronomist's reference). Saransk: Mordovian Book Publishing House;1990:256 (In Russ.).
29. Chegodaeva N. D., Kargin I. F., Astradamov V. I. *The influence of shelterbelt forest belts on the water-physical properties of the soil and the composition of the ground beetle population of adjacent fields.* Saransk: Mordovian Book Publishing House; 2005:125 (In Russ.).
30. Chekmarev P. A., Sidorov A. V., Moiseev A. A. Dynamics of fertility of arable lands in the Republic of Mordovia. *Achievements of Science and Technology of the Agro-industrial Complex*. 2016; 1:4–8 (In Russ.).

Информация об авторах

Каверин А. В. – кандидат географических наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры экологии и природопользования;
Храмова А. А. – студент;
Шаров В. Д. – аспирант кафедры экологии и природопользования;
Шиляев И. И. – студент.

Information about the authors

Kaverin A. V. – Candidate of Geographical Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Ecology and Nature Management;
Khramova A. A. – student;
Sharov V. D. – postgraduate student of the Department of Ecology and Nature Management;
Shilyaev I. I. – student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.01.2024; одобрена после рецензирования 31.01.2024; принята к публикации 12.02.2024.
The article was submitted 18.01.2024; approved after reviewing 31.01.2024; accepted for publication 12.02.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 81–86.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):81–86 (In Russ.).

Научная статья
УДК 332; 622.691.4
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_81

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЯЛТИНСКОГО ГОРНО-ЛЕСНОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Терехова Марина Владимировна
Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия
mar_terehova@mail.ru

Аннотация. Места, где ради сохранения природы (в первозданном виде) запрещена хозяйственная деятельность, есть во всем мире. Этими местами являются особо охраняемые природные территории. На территории Республики Крым в южной части Главной гряды Крымских гор расположен уникальный Ялтинский горно-лесной природный заповедник, который славится своими зубцами Ай-Петри, пещерами (например, Трехглазка), водопадом Учан-Су, наличием редких и ценных видов деревьев и кустарников (например, фисташка туполистная, тис ягодный), разнообразием мира фауны (например, крымский подвид лисицы, крымский благородный олень, летучие мыши, пестрые дятлы, лесные жаворонки). Заповедник является достоянием природно-заповедного фонда Республики Крым. Загрязнение окружающей среды пагубно воздействует на экосистемы, что приводит к ухудшению санитарного состояния лесов, снижению биологической устойчивости и массовому размножению вредных насекомых. Шумовое загрязнение заставляет животных покидать естественную среду обитания. Главным источником шумового загрязнения являются транспортные средства, звуки стройки. Монтажные и демонтажные работы бетонных, железобетонных конструкций, укладка асфальта, укладка брусчатки и прочие строительные работы выполняются с использованием крайне шумных машин и инструментов [1]. В статье приведены характеристики существующего состояния окружающей среды и определено шумовое воздействие в районе расположения Ялтинского горно-лесного природного заповедника. Предложены мероприятия и рекомендации по предотвращению негативного воздействия.

Ключевые слова: заповедник, окружающая среда, магистральный газопровод, атмосферный воздух, фоновые концентрации, шумовое воздействие

Для цитирования: Терехова М. В. Оценка воздействия на окружающую среду Ялтинского горно-лесного природного заповедника // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 81–86. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_81.

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF “YALTA MOUNTAIN-FOREST NATURE RESERVE”

Marina V. Terehova
State University of Land Management, Moscow, Russia
mar_terehova@mail.ru

Abstract. There are places all over the world where economic activity is prohibited for the sake of preserving nature (in its original form). These places are specially protected natural areas. On the territory of the Republic of Crimea, in the southern part of the Main Ridge of the Crimean Mountains, there is a unique Yalta mountain and forest Nature Reserve, which is famous for its Ai-Petri teeth, caves (for example, Three-eyed), Uchan-Su waterfall, the presence of rare and valuable species of trees and shrubs (for example, pistachio tupolistnaya, yew berry), the diversity of the world fauna (for example, the Crimean subspecies of fox, Crimean red deer, bats, spotted woodpeckers, forest larks). The reserve is the property of the Natural Reserve Fund of the Republic of Crimea. Environmental pollution has a detrimental effect on ecosystems, which leads to a deterioration in the sanitary condition of forests, a decrease in biological stability and the mass reproduction of harmful insects. Noise pollution causes animals to leave their natural habitat. The main source of noise pollution is vehicles and the sounds of construction. Installation and dismantling of concrete and reinforced concrete structures, asphalt laying, paving stones and other construction work are carried out using extremely noisy machines and tools [1]. The article presents the characteristics of the existing state of the environment and determines the noise impact in the area of the Yalta Mountain Forest Nature Reserve. Measures and recommendations for the prevention of negative effects are proposed.

Keywords: nature reserve, environment, main gas pipeline, atmospheric air, background concentrations, noise exposure

For citation: Terehova M. V. Environmental impact assessment of Yalta Mountain-Forest Nature Reserve: problems and solutions. *Geology, Geography and Global Energy*. 2024;1(92):81–86. https://doi.org/10.54398 /20776322_2024_1_81 (In Russ.).

© Терехова М. В., 2024.

Введение

На состояние лесов огромное влияние оказывает загрязненный воздух. Вредное влияние загрязненного воздуха на растения происходит как путем прямого действия газов на ассимиляционный аппарат, так и путем косвенного воздействия через почву. [2]

Наиболее подвержены воздействию загрязняющих веществ такие хвойные породы, как кедр, лиственница, сосна, ель. Наиболее фитотоксичными веществами являются фторсодержащие соединения, хлор, оксиды серы и азота [3]. К примеру, в сосновых лесах, подверженных выбросами в атмосферу серы и фтора, отмечается высокий уровень дефолиации крон, некрозы хвои, нарушение осевого ветвления, изменение формы кроны, суховершинность, снижение длины и массы хвои и побегов, сокращение продолжительности жизни хвои до 1–3 лет [4].

Шумовые загрязнения антропогенного происхождения вызывают у животных когнитивные и фертильные проблемы.

Материалы и методы

Объектом исследования является особо охраняемая природная территория – Ялтинский горно-лесной природный заповедник.

Использованы аналитический, расчетно-конструктивный, абстрактно-логический, статистические методы исследования.

Информационной основой являются нормативные документы Российской Федерации, опубликованные материалы Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым, Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе», ГУП РК «Центр лабораторного анализа и технических измерений», Государственным комитетом по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым, научные статьи и монографии, а также материалы инженерно-геологических изысканий, выполненных ООО «КРЫМСПЕЦГЕОЛОГИЯ».

Заповедный фонд Крыма за годы своего развития стал важнейшим показателем эталонно-научного и природно-ресурсного потенциала полуострова. Территория заповедника вытянута вдоль побережья Чёрного моря с запада на восток – от посёлка Форос до посёлка Гурзуф – на 40 км, с максимальной шириной (с севера на юг) 23 км. Почти все посёлки региона Большая Ялта находятся в окружении Ялтинского горно-лесного природного заповедника. Географическое расположение заповедника представлено на рисунке 1, его учтенные кадастровые сведения посредством онлайн сервиса «Публичная кадастровая карта» воспроизведены на рисунке 2.

Рисунок 1 – Географическое расположение Ялтинского горно-лесного природного заповедника

Рассмотрим подробнее загрязнение окружающей среды и акустическое воздействие на территорию заповедника.

Оценка воздействия на окружающую среду заключается в обосновании экологической безопасности, предотвращении воздействий, которые могут оказываться различными техногенными источниками на компоненты окружающей природной среды: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, растительность и животный мир.

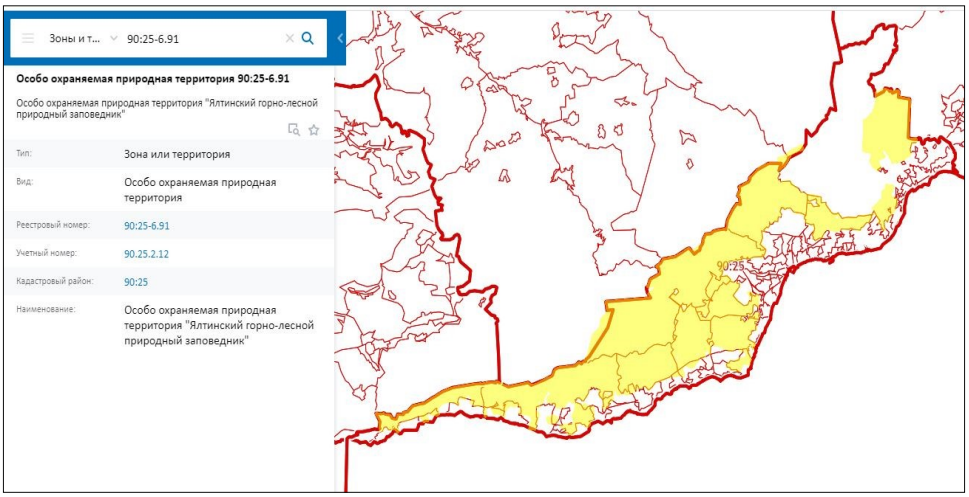


Рисунок 2 – Фрагмент публичной кадастровой карты (отображение заповедника в кадастровых границах с информацией о реестровом номере)

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу всеми отраслями народного хозяйства Республики Крым за 2000 г составил 33,47 тыс. тонн, 2011 г. – 130,05 тыс. тонн, в 2021 г. – 94,92 тыс. тонн. от стационарных источников. Выброс загрязняющих веществ в атмосферу всеми отраслями народного хозяйства Республики Крым за 2021 г. представлен на рисунке 3.

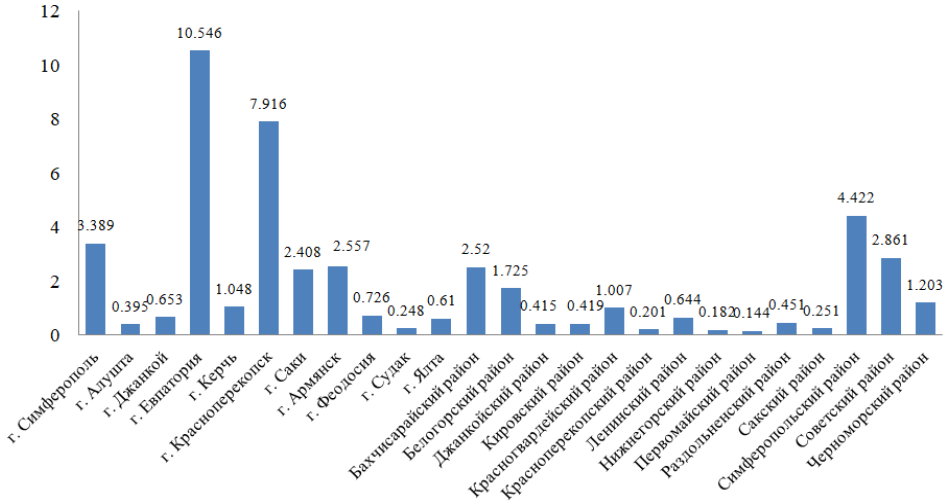


Рисунок 3 – Выброс загрязняющих веществ в атмосферу всеми отраслями народного хозяйства Республики Крым за 2021 г.

Основной вклад в загрязнение воздушного бассейна отмечается в г. Евпатории – 10,546 тыс. тонн, г. Красноперекопске – 7,916 тыс. тонн, Симферопольском районе – 4,422, г. Симферополе – 3,389 тыс. тонн и г. Армянске – 2,557 тыс. тонн. Наименьшее загрязнение отмечается на Южном берегу Крыма.

Источниками выделений загрязняющих веществ окружающей среды в районе заповедника является: автотранспорт лесников и туристов как в период движения по территории, так и в режиме холостого хода. К границам заповедника примыкает автодорога Бахчисарай – Ялта и Южнобережная трасса регионального значения, по которой каждый день проезжают десятки тысяч машин. Также по Южнобережскому шоссе проходит самая длинная троллейбусная линия (по маршруту Симферополь – Ялта) в мире.

Также источником загрязнения как атмосферы, так и грунтов являются отопительные системы в зимний период населенных пунктов городского округа Ялта. В связи с отсутствием централизованного теплоснабжения, газоснабжения (у большинства поселков Южного берега

Крыма) для обогрева жилищ используются твердотопливные котлы и печи, которые являются источниками загрязнения атмосферного воздуха (соединениями серы, бенз(а)пирена и пр.).

В районе границ заповедника планируется строительство магистрального газопровода Ялта – Форос – Севастополь (далее – магистральный газопровод), строительство которого направлено на улучшение экологической обстановки, так как газовое топливо является экологически чистым и не приводит к загрязнению окружающей среды. При проведении сварочных работ в период строительства газопровода выбрасывается железа оксид, марганец и его соединения, азота (IV) оксид (азота диоксид), углерода оксид, фториды газообразные, фториды плохо растворимые, пыль неорганическая, содержащая 70–20 % SiO_2.

При сварке полиэтиленовых труб выбрасываются хлорэтен (хлорэтилен, винилхлорид) и углерода оксид. Расчет выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся при перегрузке и хранении грунта и щебня определяется в соответствии с Методическим пособием [5].

Воздействие на атмосферный воздух при соблюдении технологических решений при эксплуатации магистрального газопровода отсутствует. При эксплуатации основными загрязнителями окружающей среды являются дымовая труба водогрейного котла, автоматический резервный газогенератор и свечи газораспределительной станции. В соответствии с Методическим пособием [6] все источники на территории конкретного хозяйствующего субъекта являются стационарными. Воздействие источников выбросов загрязняющих веществ на атмосферу незначительное и существенно не изменит состояние атмосферного воздуха в районе расположения объекта и заповедника.

Данные о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и климатические характеристики в районе расположения заповедника предоставлены ФГБУ «Крымский УГМС» и отображены в таблице.

Таблица – Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе учета скорости и направленности ветра и ПДК загрязняющих веществ атмосферного воздуха

Загрязняющее вещество	Ед. измерения	Сф	$ПДК_{с.с.}$* загрязняющих веществ в атмосфере, мг/м^3	Значение фон. концентраций, долей ПДК, с.с.
Взвешенные вещества	мг/м^3	0,195	0,15	1,3
Оксид углерода	мг/м^3	2,4	3	0,8
Оксид азота	мг/м^3	0,024	0.06	0.4
Диоксид азота	мг/м^3	0,054	0,2	0,27
Диоксид серы	мг/м^3	0,013	0,05	0,26
Бенз(а)пирен	мг/м^3	$1,5*10^{-9}$	10^{-6}	$1,5*10^{-3}$

*Примечание: * – ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».*

Из представленных значений фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе наблюдается превышение предельно допустимых концентраций по взвешенным веществам в 1,3 раза. Взвешенными веществами в атмосфере являются группы мелких частиц, например, пыль, сажа, зола. Подобные группы образуются при производственных процессах, сопровождающихся сжиганием топлива.

Значения фоновых концентраций оксида углерода, оксида азота, диоксида серы, бенз(а)пирена не превышают санитарно-гигиенические нормативы.

Также источниками загрязнения атмосферного воздуха серной кислотой, фтористым водородом, аммиаком, хлором, бромом на территории Республики Крым являются предприятия химической отрасли, такие как ООО «Титановые инвестиции», ПАО «Крымский содовый завод», но в пределах рассматриваемой территории данные объекты отсутствуют, и высокие уровни загрязнения атмосферы отмечены не были.

В современном градостроительстве всё большее значение приобретает учёт физических факторов внешней среды, среди которых шум один из наиболее отрицательных. Снижение городских шумов может быть достигнуто, в первую очередь, уменьшением шума городского транспорта и экранированием промышленных предприятий.

Основной источник шума в селитебных (жилых) территориях населённых мест – промышленные предприятия, автотранспорт, железнодорожный транспорт и внутриквартальные источники, которые беспокоят значительные группы городского населения.

Решением этой проблемы занимаются как по линии общих градостроительных мероприятий, выполняемых при проектировании генеральных планов городов, детальных планировок жилых районов и застройки микрорайонов, так и путём разработки специальных шумозащищающих устройств, поглощающих и отражающих шум. В условиях сложившейся застройки могут быть использованы различные административные мероприятия: перераспределение движения по улицам и проездам города, ограничение движения в разное время суток по тем или иным направлениям, изменение состава транспортных средств.

При проектировании, планировке и застройке городов используют природные условия, в частности рельеф местности и зелёные сооружения в виде экранов, размещаемых вблизи транспортных потоков.

Основными источниками шума в районе исследуемой территории являются строительные машины и механизмы. Так как рассматриваемая территория находится в пределах городского округа Ялта (вблизи района жилой застройки), смежно коридору района строительства магистрального газопровода были выполнены замеры уровня звука. По результатам инструментальных замеров уровень звука вблизи жилой застройки составил 38,9 дБА и 41 дБА, в районе строительства газораспределительной станции магистрального газопровода составил 42,5 дБА. Максимальный допустимый уровень звука составляет 55 дБА. С учетом вышеизложенного можно сделать вывод об отсутствии шумового загрязнения на рассматриваемой особо охраняемой природной территории.

Воздействие незначительное и непродолжительное и может проявляться в виде распугивания птиц и животных, насекомых шумами работающих механизмов. При эксплуатации магистрального газопровода шумовое воздействие возможно периодически от свечей газораспределительной станции при сбросе газа, но это воздействие незначительное и непродолжительное по времени.

Пути решения и рекомендации

Для предотвращения и сведения к минимуму загрязнения окружающей среды необходимо соблюдение жестких требований соответствующих норм природоохранного законодательства.

В целях охраны атмосферного воздуха, например, во время строительства инженерных объектов рекомендуется строго соблюдать регламенты проведения работ, контролировать уровень качества и проводить следующие мероприятия:

– своевременное техническое обслуживание двигателей внутреннего сгорания, транспортных средств и машин для соблюдения нормативов выбросов продуктов сгорания топлива;

– сведение к минимуму количества строительной техники, работающей одновременно;

В целях защиты подземных вод от загрязнения необходимо предусмотреть следующее:

– проведение технического обслуживания строительных машин и механизмов на специальных площадках;

– слив горюче-смазочных материалов только на специально-оборудованных местах;

– регулярный вывоз мусора и бытовых отходов на полигон твердых бытовых отходов;

– использование для хозяйственно-бытовых нужд строителей специально оборудованных бытовок, биотуалетов и емкостей для сбора хозяйственно-бытовых стоков.

Рекомендуется назначение ответственного за организацию безопасных условий труда с целью исключения возможности возникновения аварийных ситуаций и/или пожаров.

Для оценки степени воздействия физических факторов рекомендуется производство мониторинговых замеров уровней шума, инфразвука и общей вибрации в процессе строительства и после ввода объектов в эксплуатацию. Для проведения измерений рекомендуется выбирать ближайшие к участку работ территории жилой застройки.

Снижение неблагоприятных физических воздействий определяется конструктивными особенностями оборудования, используемого в производственном процессе. Шумовое воздействие будет носить локальный характер.

При организации рабочего места следует принимать необходимые меры по снижению шума техническими средствами (уменьшение шума машин, внедрение малошумных технологических процессов) и организационными мероприятиями (выбор рационального режима работы и отдыха, сокращение времени пребывания в громких условиях, лечебно- профилактическими и другими). На площадочных сооружениях должен быть обеспечен контроль уровней шума на рабочих местах и установлены правила безопасной работы в громких условиях. Шумовые характеристики машин должны указываться в их паспорте.

Заключение

Решение проблемы охраны окружающей природной среды заключается в выявлении возможных источников воздействия на окружающую среду, состава и количества загрязняющих веществ и, соответственно, определении комплекса мероприятий, которые сводят к минимуму возможные воздействия и их последствия. Подводя итоги вышесказанному, необходимо выделить, что в районе расположения особо охраняемой природной территории наблюдается повышенный фон по концентрациям взвешенных веществ в атмосфере и, несмотря на реконструкцию и застройку Южного берега Крыма, отмечается отсутствие шумового загрязнения.

Список литературы

1. Писаренко А. В., Лабенко Е. В. Экологические аспекты при шумовом и вибрационном загрязнении окружающей среды // Научные труды КубГТУ. 2020. № 8. С. 410–416. EDN FFTXGN.
2. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 278 с.
3. Бурков Н. А. Прикладная экология: учеб. пособие. Киров, 2005. 272 с.
4. Афанасьева Л. В. Влияние атмосферного промышленного загрязнения на сосновые леса бассейна реки Селенги: автореф. дис. … канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2005. 19 с.
5. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. Новороссийск, 2000. 14 с.
6. Методическое пособие по расчёту, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (с изменениями и дополнениями). Санкт-Петербург, 2012. 9 с.

References

1. Pisarenko A. V., Labenko E. V. Ecological aspects in noise and vibration pollution of the environment. *Scientific works of KubSTU*. 2020; 8:410–416. EDN FFTXGN (In Russ.).
2. Nikolaevsky V. S. *Biological foundations of plant gas resistance.* Novosibirsk: Nauka; 1979:278 (In Russ.)
3. Burkov N. A. *Applied ecology: textbook.* Kirov; 2005:272 (In Russ.).
4. Afanasyeva L. V. *Influence of atmospheric industrial pollution on pine forests of the Selenga River basin: abstract of the dissertation of the candidate of biological sciences.* Ulan-Ude; 2005:19 (In Russ.).
5. *Methodological guide for calculating emissions from unorganized sources in the construction materials industry.* Novorossiysk; 2000:14 (In Russ.).
6. *Methodological guide for the calculation, rationing and control of emissions of pollutants in the atmospheric air (with amendments and additions).* St. Petersburg; 2012:9 (In Russ.).

Информация об авторе

Терехова М. В. – аспирант кафедры экономики и управления недвижимостью Государственного университета по землеустройству.

Information about the author

Terekhova M. V. – postgraduate student of the Department of Economics and Real Estate Management of the State University of Land Management.

Автор заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The author declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.12.2023; одобрена после рецензирования 20.12.2023; принята к публикации 15.01.2024.
The article was submitted 08.12.2023; approved after reviewing 20.12.2023; accepted for publication 15.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 87–93.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):87–93 (In Russ.).

Научная статья
УДК 544.723.2
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_87

ДИФФУЗИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТА ИОНОВ МЕДИ (II) В СОРБЦИОННОЙ СИСТЕМЕ «МОДЕЛЬНЫЙ РАСТВОР – СОРБЕНТ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ»

Джигола Людмила Александровна[1]✉, Сютова Елизавета Анатольевна[2]
[1]Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
[2]Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия
[1]djegola@mail.ru✉, ORCID 0009-0009-1125-0818
[2]elizoveta_ast@mail.ru, ORCID 0009-0003-3723-2358

Аннотация. В проведенном исследовании показана возможность применения мергеля Баскунчакского месторождения Астраханской области в качестве эффективного сорбента для твердофазного концентрирования ионов меди (II) из водных сред. Для оценки уникальности свойств мергеля исследованы его структурные, физико-химические и сорбционные свойства. В целях выяснения механизма процесса адсорбции проведено исследование интегральных кинетических кривых с помощью уравнений диффузионной кинетики. Сравнительный анализ коэффициентов диффузии указывает на смешанно-диффузионный механизм адсорбции ионов меди (II) на мергеле, и обе стадии оказывают влияние на скорость диффузионного процесса: в начальном интервале времени, от 1 до 7 минут, преобладает внешняя диффузия, после – внутренняя диффузия. Исходя из значений изменения величины энергии активации, можно предположить, что скорость лимитирующей стадии процесса адсорбции исследованных ионов Cu^{2+} является хемосорбция, что также подтверждает значение критерия Био (B_i). Для выявления вклада в кинетику стадии химической реакции между сорбируемым ионом и функциональными группами сорбента использованы модели псевдопервого, псевдовторого порядка, уравнение Еловича. Показано, что более строгое описание возможно по модели псевдовторого порядка. Благодаря своей доступности, высокой сорбционной ёмкости и малым временем достижения сорбционного равновесия, применение мергеля для очистки вод хозяйственно-питьевого назначения от токсикантов является перспективным.

Ключевые слова: мергель Астраханской области, поверхностные свойства сорбента, очистка водных объектов, адсорбция, диффузионные модели адсорбции, степень поглощения, коэффициенты диффузии

Для цитирования: Джигола Л. А., Сютова Е. А. Диффузионные особенности транспорта ионов меди (II) в сорбционной системе «модельный раствор – сорбент естественного происхождения» // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 87–93. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_87.

DIFFUSION FEATURES OF TRANSPORT OF COPPER (II) IONS IN THE SORPTION SYSTEM “MODEL SOLUTION – SORBENT OF NATURAL ORIGIN”

Lyudmila A. Dzhigola[1]✉, Elizaveta A. Syutova[2]
[1]Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
[2]Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia
[1]djegola@mail.ru✉, ORCID 0009-0009-1125-0818
[2]elizoveta_ast@mail.ru, ORCID 0009-0003-3723-2358

Abstract. In this twist, the possibility of using marl from the Baskunchak deposit in the Astrakhan region as an effective sorbent for the solid-phase concentration of copper (II) ions from an aqueous environment is shown. To assess the unique properties of marl, study its structural, physicochemical and sorption properties. In order to exclude the mechanism of the adsorption process, a study of integral kinetic curves carried out using the effect of diffusion kinetics. A comparative analysis of diffusion coefficients indicates a mixed-diffusion mechanism of adsorption of copper (II) ions on marl, and both stages affect the rate of the diffusion process: in the initial time interval, from 1 to 7 minutes, external diffusion predominates, after which external diffusion predominates. Based on the results of changes in energy efficiency, it can assumed that the rate-limiting stage of the adsorption process of experimental Cu^{2+} ions is chemisorption, which also confirms the value of the criterion Bio (B_i). To substantiate the contribution to the kinetics of the stage of the economic regime between the sorbed ion and functional sorbents,

© Джигола Л. А., Сютова Е. А., 2024.

models of the pseudo-first, pseudo-second order, and Elovich equations used. It shown that a more rigorous description is possible using pseudo-second order models.

Due to its availability, high sorption capacity and short time to achieve sorption equilibrium, the use of marl for purifying drinking water from toxicants is promising.

Keywords: marl of the Astrakhan region, surface properties of the sorbent, purification of water bodies, adsorption, diffusion adsorption models, degree of absorption, diffusion coefficients

For citation: Dzhigola L. A., Syutova E. A. Diffusion features of transport of copper (II) ions in the sorption system "model solution – sorbent of natural origin". *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):87–93. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_87 (In Russ.).

На территории Астраханской области расположены большие месторождения различных минеральных пород. По теории тектонической концепции (Рогачевой Э. В. Институт проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н. Северцова, Москва), котловина Каспия сформировалась за счёт горизонтальных тектонических движений, связанных с пульсационным давлением выступа Аравийской плиты. Данный механизм изменял котловину Каспия и вызывал колебание уровня моря в нём [1]. Колебание уровня моря и изменение русла рек приводило к образованию многих осадочных пород. Основными породообразующим минералами являются силикаты и карбонаты, для которых характерен слоистый тип структуры. Алюмосиликаты – мергель, опоки, диатомиты, трепел – это осадочные породы морского происхождения, сложенные кремневым панцирем организмов, представляют равномерную природную смесь опалового кремнезема, глинистого и обломочного материала [2]. Это лёгкие, светлые, высокодисперсные минералы (исключение мергель и опоки – полускальные грунты), обладающие высокой пористостью: 60–75 %.

В низовьях реки Волги наиболее распространены следующие осадочные породы: глины, известняк, мергель и опока. По гранулометрической классификации и строению зерна они являются незернистыми пелитоморфными. Породообразующими являются оксиды кремния, алюминия, железа (II) и (III), магния, кальция и щелочных металлов [3]. Природные материалы, находящиеся на территории Астраханской области, благодаря особенностям своей структуры и химическому составу имеют широкой диапазон применения. Основными сферами применения являются: строительство, гончарное дело, медицинская и химическая промышленность. Как природные сорбенты эти породы широко применяются для отбелки масел и жиров, сероочистки нефтяных газов, мазута, как хороший фильтрующий материал, при очистке воды, бытовых и промышленных отходов [4]. Широкое применение они находят в строительной промышленности – для получения жидкого стекла, строительного кирпича, добавок к цементу, активных наполнителей в бумагу, резину, пластмассу, как теплоизоляционный материал и т. д. Мергель широко используется как сырьё для производства портландцемента, строительных и отделочных материалов.

В последнее время актуальным является применение минерального сырья Астраханской области в экологических целях – создание геобарьеров [5], сорбентов для очистки водных объектов [6] и получения противогололедных материалов [7].

По оценкам экологов, акватория Волги является одной из самых загрязнённых на территории Российской Федерации. Вдоль берегов располагаются многие промышленные производства: химические, энергетические, нефтеперерабатывающие. Кроме того, на берегах реки располагаются несколько городов-миллионников, канализационные стоки которых становятся причиной больших экологических проблем. Объём сточных вод, сбрасываемых в Волгу, составляет более 2,5 млн т загрязняющих веществ в год. Индикаторами загрязнения почв и воды является увеличенное содержание тяжёлых металлов в них. В воде Нижней Волги преобладает содержание токсикантов промышленного происхождения. Значительное превышение ПДК (норма Cu^{2+} 0,01 мг/дм^3, выше, более 1,0 мг/дм^3, губительно сказывается на водоёмах [8]) в воде хозяйственно-питьевого назначения наблюдается по ионам меди. Основными источниками появления ионов меди в воде являются предприятия цветной металлургии, осадки сточных вод и пестициды.

Для очистки водных сред от различных токсикантов применяется метод физико-химической адсорбции. В процессе сорбции перспективным является применение минеральных сорбентов, таких как глина, опока, известняк. Данная группа материалов, благодаря наличию слоистых силикатов, имеет уникальные сорбционные характеристики в сочетании с доступностью. Экономически выгодно применение сорбционного материала, производство которого требует минимальные затраты на добычу, транспортировку и подготовку к использованию.

Материалом, обладающим всеми перечисленными свойствами, является мергель. Мергель относится к цеолитсодержащему сырью. Данный минерал распространён на территории Астраханской области, располагается непосредственно на поверхности или под почвенным слоем в 0,1–0,5 м, глубина слоя небольшая – от 0,5 до 10,0 м. Для него характерна карбонатно-глинистая порода, рыхлая, глиноподобная структура, серовато-белый окрас и беспорядочная структура. Наличие большого числа трещин, по их плоскостям видно налёт слюды и гидроксилов

железа [9]. Кальцит ($CaCO_3$) и кварц (SiO_2) – основные породообразующие минералы. По химическому составу содержание кремния – 52 %, алюминия – 3,9 %, кальция – 39 %, магния – 3 %, остальное – железо, калий, натрий, фосфор, сера, хлор и кислород. Соотношение SiO_2/Al_2O_3 составляет 13 и указывает на высокое содержание кремнеземной составляющей [10].

Разнообразие функциональных возможностей алюмосиликатов определяется их полиморфизмом и широким спектром поверхностных свойств, которые обусловлены наличием гидроксильно-гидратного покрова, образующегося при различных формах адсорбции молекул воды и других ионов. Поверхность алюмосиликатов можно рассматривать как набор кислотно-основных центров, различных по природе и силе [11]. На поверхности минерала преобладают отрицательно заряженные активные центры, представленные силоксановыми и силанольными группами (рис. 1), что подтверждает возможность сорбции катионов.

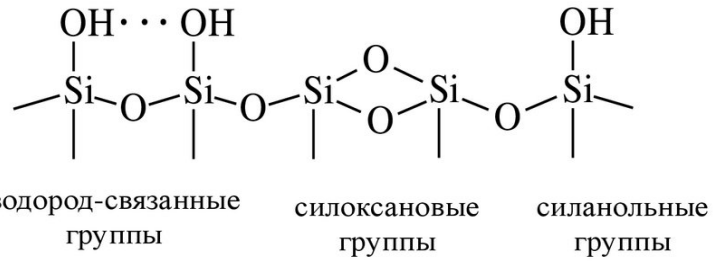


Рисунок 1 – Активные центры на поверхности мергеля

Мергель добывали открытым способом на территории Баскунчакского месторождения Астраханской области, размалывали на механической мельнице, просеивали. Для получения сорбента природное сырьё промывали несколько раз в проточной и дистиллированной воде с целью освобождения от растворимых компонентов. После промывки материала проводили высушивание в сушильном шкафу при температуре 102–120 °С до постоянной массы. Для проведения анализа отбирали фракцию с размером 1–3 см (рис. 2).

Рисунок 2 – Мергель Баскунчакского месторождения Астраханской области

Структурные характеристики мергеля оценивали по величине удельной поверхности и пористости методом БЭТ. Регистрацию изотерм адсорбции-десорбции азота проводили на Gemini VII 2390 (V1.02t) (Micromeritics) при 77 К (–196 °С). Полученные результаты обрабатывали с использованием моделей BJH и DFT. По полученным данным можно характеризовать материал как мезопористый, удельная площадь составляет 10,7 $м^2/г$, объем и площадь пор – 0,00463 $см^3/г$ и 4,42 $м^2/г$ соответственно. Малая пористость может быть связана с преобладанием сквозных пор.

Для определения сорбционной активности мергеля по отношению к ионам Cu^{2+} проводили исследование кинетики сорбции в статическом режиме при постоянном перемешивании методом ограниченного объёма. Содержание ионов меди контролировали с использованием экспресс-метода – прямой ионометрии и использованием ионоселективного электрода (ИСЭ) «Элис-131Cu» и хлорсеребряного однолучевого электрода сравнения ЭВЛ-1М3.1.

В раствор соли нитрата меди (II) с концентрацией 10^{-4} $моль/дм^3$ вносили навеску мергеля в эмпирически установленном оптимальном соотношении (3 г сорбента на 100 $см^3$ модельного

раствора) при постоянном перемешивании и измеряли потенциал ИСЭ в растворе через определенные промежутки времени. Исследование проводили с учётом фона при следующих температурах 276±2 К, 298±2 К и 313±2 К.

Количество сорбированных ионов Cu^{2+} (Q ммоль/г) рассчитывали из соотношения:

$$Q = \frac{(C_0 - C_\tau)\cdot V}{m}\cdot 1000, \quad (1)$$

где C_0 – начальная концентрация ионов меди (II) в растворе (10^{-4} моль/дм^3);

C_τ – концентрация ионов меди в растворе в момент времени τ, ммоль/дм^3;

V – объём раствора (0,1 дм^3);

m – масса навески воздушно-сухого минерального сорбента (3 г).

На рисунке 3 представлена интегральная кинетическая кривая сорбции ионов меди (II) исследуемым минеральным сорбентом – мергелем в виде зависимости «Количество поглощённого минеральным сорбентом иона меди (Q, ммоль/г) от времени (τ, мин)» при температуре 298±2К.

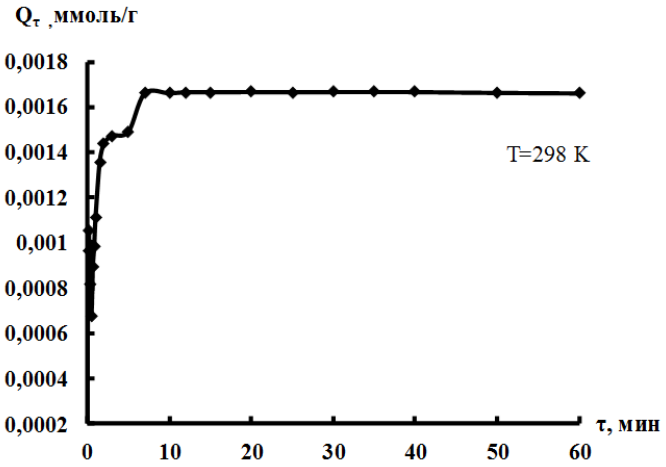


Рисунок 3 – Интегральная кинетическая кривая ионов меди (II) на мергеле (C^0 (Cu^{2+}) = 10^{-4} моль/дм^3, V = 100см^3, m = 3 г)

Из полученной зависимости видно, что кривая сорбции ионов меди из водных растворов характеризуются перегибом с последующим выходом на плато спустя определённое время контакта фаз. Для систем «Cu^{2+} – мергель» величины адсорбции (Q) достигают постоянных значений при температуре 298 К за 7 минут. Перегиб связан с формированием адсорбционного слоя ионов меди на поверхности сорбентов. Начальный, круто поднимающийся вверх, почти прямолинейный участок показывает, что при малых концентрациях адсорбция практически пропорциональна величине адсорбционного слоя. Максимальная степень сорбции достигается за 10 минут и составляет 97,6 %.

Зависимость адсорбции от времени определяется в основном механизмом диффузии, который можно характеризовать через степень завершённости процесса (F), вычисляемую из соотношения:

$$F = \frac{Q_\tau}{Q_e}, \quad (2)$$

где Q_τ – количество сорбата (Cu^{2+}) в момент времени τ, ммоль/г;

Q_e – количество сорбата (Cu^{2+}) в состоянии равновесия, ммоль/г.

Установлено, что степень завершённости процесса (F) зависит от температуры. При увеличении температуры степень завершённости процесса увеличивается с 0,94 до 0,99. Кроме того, при повышении температуры сокращается время достижения равновесия 30 секунд для T = 313 К; 1,5 минуты – для T = 298 К; 2 минуты – для T = 276 К, что может быть обусловлено снижением сопротивления среды.

Степень завершенности процесса позволяет оценить вклад диффузионных ограничений в общий процесс адсорбции и установлении механизма поглощения ионов. Кинетические кривые адсорбции ионов Cu^{2+} мергелем описываются прямыми на начальном этапе адсорбции (рис. 3), следовательно, в этот промежуток времени диффузия в пленке раствора вносит вклад в общую скорость процесса. Так как кинетические кривые адсорбции представляют собой зависимости, которые при малых временах контакта фаз являются прямыми, а затем искривляются, это свидетельствует о том, что внутренняя диффузия в зерне сорбента контролирует общую скорость процесса.

Вклад внешней диффузии в процесс адсорбции оценивали по коэффициенту внешней диффузии ($D_{эф}$), рассчитанному по формуле 3:

$$D_{эф} = \frac{r_0 \cdot \sigma \cdot \gamma \cdot A}{3C_t}, \quad (3)$$

где r_0 – радиус частиц сорбента (см);

δ – толщина пленки раствора вокруг гранул сорбента (см);

γ – некоторая величина, постоянная для данных условий и определяемая как угловой коэффициент наклона прямой в координатах – $lg(1 – F) = f(\tau)$, где F – степень завершённости процесса, определяемая по формуле 2.

Вклад внутренней диффузии в процесс адсорбции оценивали по величинам соответствующих коэффициентов диффузии [12], рассчитанным по уравнениям 4 и 5:

$$D_{вн} = \frac{B_\tau \cdot r^2}{\pi^2 \cdot \tau}, \quad (4)$$

$$F = K_d \cdot \tau^{\frac{1}{2}} + A, \quad (5)$$

где $D_{вн}$ – коэффициент внутренней диффузии;

τ – время процесса адсорбции (с);

r – средний радиус гранул сорбента (см);

B_t – безразмерный параметр Бойда или критерий гомохромности Фурье, который определяется по табличным данным как функция от F;

A – толщина граничного слоя;

K_d – константа скорости внутренней диффузии.

Коэффициент внутренней диффузии определяли по тангенсу угла наклона прямой в координатах $B_t = f(\tau)$, а коэффициенты A и K_d – по графику зависимости $A = f(\tau^{1/2})$.

Ионы при диффузии вглубь сорбента частично способны замещать значительное количество воды, находящейся в порах сорбента. При этом работа образования пустот в диффузионной среде возрастает, что, в свою очередь, увеличивает энергию активации и уменьшает скорость ионного обмена.

По полученным экспериментальным результатам, с применением уравнения 7, оценивали энергию активации E_a процессов внешней и внутренней диффузии в интервале температур 276–313 К.

$$D = A_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (6)$$

где E_a – кажущаяся энергия активации процесса диффузии (Дж/моль);

A_0 – предэкспоненциальный фактор в уравнении Аррениуса;

R – универсальная газовая постоянная (Дж/моль·К);

T – температура в градусах Кельвина;

D (принимает значение $D_{вн}$, K_d, $D_{эф}$) – коэффициент диффузии в момент времени τ.

Результаты обработки кинетических зависимостей в рамках диффузионной модели Бойда, характеризующих протекание процесса для случая внутренней и внешней диффузии, адсорбции ионов меди на мергеле, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Диффузионные параметры адсорбции ионов меди (II) на мергеле из модельных растворов

Параметры	Температура процесса, К		
	276	298	313
$D_{эф} \cdot 10^4$, см^2/сек	6,6	7,9	8,64
$K_d \cdot 10^2$, ммоль·г$^{-1}$·сек$^{-1/2}$	0,5	1,83	3,76
$D_{вн} \cdot 10^4$, см^2/сек	2,83	5,09	22,58
Энергия активации, кДж/моль			
$Ea^{Dвн}$	40,15		
Ea^{kd}	39,2		
Ea^{D}	40,3		

Анализируя полученные диффузионные коэффициенты, можно отметить, что увеличение температуры сопровождается увеличением значений, что указывает на эндотермический характер процесса адсорбции ионов меди (II) мергелем. Сравнительный анализ эффективного коэффициента диффузии ($D_{эф}$), коэффициентов внешней (K_d) и внутренний диффузии ($D_{вн}$) позволяет установить, что процесс протекает в смешанно-диффузионном режиме и обе стадии оказывают влияние на скорость диффузионного процесса. В начальном интервале времени (от 1 до 7 минут) преобладает внешняя диффузия, после – внутренняя диффузия. Исходя из значений изменения величины энергии активации, можно предположить, что скорость-лимитирующей стадией процесса адсорбции исследованных ионов Cu^{2+} является хемосорбция [13].

Для описания и оценки закономерности кинетической стадии адсорбции применяли модели псевдопервого и псевдовторого порядков реакции, а также модель Еловича (табл. 2.).

Таблица 2 – Кинетические параметры адсорбции ионов меди (II) на мергеле

Модель	Линейное уравнение	Уравнение прямой
Псевдопервого порядка	$\ln(Q_e - Q_\tau) = \ln(Q_e) - k_1\tau$	y = 0,018 x + 0,878 R^2 = 0,96
Псевдовторого порядка	$\frac{\tau}{Q_e} = \frac{1}{k_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e}\tau$	y = 596,967 x + 179 R^2 = 0,99
Еловича	$Q = \left(\frac{1}{\beta}\right)\ln(\alpha\beta) + \left(\frac{1}{\beta}\right)\ln(\tau)$	y = $11{,}736 \cdot 10^3$ x +$3{,}33 \cdot 10^{-3}$ R^2 = 0,99

Как видно из полученных данных (табл. 2), высокие значения коэффициентов детерминации (R^2 > 0,95) позволяют судить в пользу применимости модели псевдовторого порядка для описания химической стадии процесса адсорбции, а также для возможности учёта межмолекулярных взаимодействий в исследуемых системах. Сравнивая коэффициенты детерминации (R^2) при описании кинетики адсорбции ионов меди, видно, что уравнение Еловича имеет более низкие значения R^2 по отношению к моделям псевдопервого и псевдовторого порядков. Это связано, вероятно, с высокоупорядоченной структурой сорбента, мергеля, позволяющей рассматривать поверхность материала как условно гомогенную систему. Линейная зависимость (R^2 = 0,9) наблюдается только при $\tau^0 = 0$, что свидетельствует о быстром протекании стадии хемосорбции и возможности десорбции ионов Cu^{2+}, так как $\beta >> \alpha$.

Применение уравнений химической кинетики показало, что определенный вклад в общую скорость процесса вносит стадия кинетики адсорбции, поэтому при проведении исследований необходимо учитывать взаимодействия в системе сорбат – раствор – сорбент. Анализ констант скорости адсорбции псевдовторого порядка и коэффициентов внутренней диффузии позволяет отметить, что общая скорость процесса адсорбции оказывается под контролем кинетики адсорбционного процесса. Это говорит о том, что вклад скорости адсорбции выше, чем диффузии в этом процессе.

Проведенные исследования показали возможность применения мергеля Баскунчакского месторождения Астраханской области для эффективного поглощения ионов меди (II) по сравнению с аналогами. Так, в исследованиях авторов [14] установлено, что при исходной концентрации ионов меди 10 мг/дм^3 за 30 минут достигается 80–85%-ное извлечение меди торфом. В работах [15] показано, что степень извлечения ионов меди мергелем составляет 60 %, но сорбционное равновесие на мергеле достигается быстрее. Самая низкая степень сорбции наблюдается на опоке [16].

Благодаря своей доступности, расположению на территории Астраханской области, высокой сорбционной ёмкости (98 %) и малому временеми достижения состояния равновесия (10 мин.), мергель может применяться для очистки воды хозяйственно-питьевого назначения от токсикантов.

Список литературы

1. Волкова Т. А., Антипцева Ю. О., Мищенко А. А. История развития бассейна каспийского моря в плейстоцене и голоцене и современные колебания уровня (в пределах России) // Успехи современного естествознания. 2021. № 9. С. 82–91.
2. Белоусов П. Е., Карелина Н. Д., Морозов И. А. Цеолитсодержащий трепел Хотынецкого месторождения (Орловская область): минеральный состав, сорбционные свойства, условия образования // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334, № 5. С. 70–84.
3. Строкова В. В., И. В. Жерновский, Т. В. Дмитриева Феноменологическая модель стабилизации глинистых грунтов низкомолекулярными органическими комплексами // Construction materials. 2011. № 10. С. 64–66.
4. Екимова И. А., Минакова Т. С. Адсорбционные исследования паров воды на оксидах и фторидах щелочноземельных металлов и магния // Вестник ТГАСУ. 2013. № 2 (39). С. 263–275.
5. Джигола Л. А., Симакова Ю. М. Моделирование инженерного геохимического барьера для концентрирования ионов ртути (II) на основе изучения сорбционных и диффузионных равновесий // Геология, география и глобальная энергия. 2009. №. 2. С. 97–106.
6. Алыков Н. М., Реснянская А. С. Очистка воды природным сорбентом // Экология и промышленность России. 2003. №. 2. С. 12а–13.
7. Алыков Н. М., Сютова Е. А. Новые противогололедные материалы // Экологические системы и приборы. 2007. № 8. С. 46–48.
8. Беломойкина В. А., Шакирова В. В. Определение качества воды для обеспечения контроля стандартов при антропогенной нагрузке // Актуальные решения проблем водного транспорта. 2022. С. 161–164.
9. Глаголев Е. С., Лесовик В. С., Чернышева Н. В., Лесниченко Е. Н. Проектирование состава КГВ с минеральной добавкой опоковидного мергеля // Строительные материалы и технологии. 2020. № 2 (88). С. 35–42. DOI: 10.33979/2073-7416-2020-88-2-35-43.
10. Саламанова М. Ш., Гацаев З. Ш., Сызранцев В. В. Исследование свойств щелочных вяжущих материалов с добавкой тонкодисперсного бентонита // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17, № 8. С. 1017–1026.
11. Везенцев А. И., Королькова С. В., Буханов В. Д. Текстурные характеристики и сорбционные свойства природной и магний-замещенной монтмориллонит содержащей глины // Научные ведомости. Серия. Естественные науки. 2010. № 9 (80), вып. 11.
12. Сютова Е. А., Джигола Л. А. Исследование кинетических закономерностей твердофазного концентрирования ионов кальция природными сорбентами // Сорбционные и хроматографические процессы. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 64–78. DOI: 10.17308/sorpchrom.2020.20/2381.

13. Бутенко Э. О. Сорбционные свойства природных и синтетических таковитов // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2009. № 19. С. 307–311.

14. Лозинская Е. Ф., Митракова Т. Н., Жиляева Н. А. Изучение сорбционных свойств природных сорбентов по отношению к ионам меди (II) // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2013. № 3 (27), часть 2.

15. Туремуратов Ш. Н., Абылова А. Ж., Бекбосынова Р. Ж., Файзуллаева А. Г., Даниярова С. К. Исследование физико-химических и структурных особенностей карбонатных пород – мергелей Муйнакского и Ходжакульского месторождений каракалпакстана // Universum: химия и биология. 2022. № 4 (94). DOI: 10.32743/UniChem.2022.94.4.13243.

16. Митракова Т. Н., Лукьянчикова О. Н., Лозинская Е. Ф. Сорбция ионов меди (II) природными материалами // Конденсированные среды и межфазные границы. Т. 18, № 1. С. 72–80.

References

1. Volkova T. A., Antiptseva Yu. O., Mishchenko A. A. History of the development of the Caspian Sea basin in the Pleistocene and Holocene and modern level fluctuations (within Russia). *Advances of modern natural science.* 2021; 9:82–91. (In Russ.).

2. Belousov P. E., Karelina N. D., Morozov I. A. Zeolite-containing tripol of the Khotynetskoye deposit (Oryol region): mineral composition, sorption properties, conditions of formation. *News of Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering.* 2023; 5(334):70–84 (In Russ.).

3. Strokova V. V., Zhernovsky I. V., Dmitrieva T. V. Phenomenological model of stabilization of clayey soils with low-molecular organic complexes. *Construction Materials.* 2011; 10:64–66 (In Russ.).

4. Ekimova I. A., Minakova T. S. Adsorption studies of water vapor on oxides and fluorides of alkaline earth metals and magnesium. *Bulletin of TGASU.* 2013; 2(39):263–275 (In Russ.).

5. Dzhigola L. A., Simakova Yu. M. Modeling of an engineering geochemical barrier for the concentration of mercury (II) ions based on the study of sorption and diffusion equilibria. *Geology, Geography and Global Energy.* 2009; 2:97–106 (In Russ.).

6. Alykov N. M., Resnyanskaya A. S. Water purification with natural sorbent. *Ecology and Industry of Russia.* 2003; 2:12–13 (In Russ.).

7. Alykov N. M., Syutova E. A. New de-icing materials. *Ecological Systems and Devices.* 2007; 8:46–48 (In Russ.).

8. Belomoykina V. A., Shakirova V. V. Determination of water quality to ensure control of standards under anthropogenic load. *Current solutions to problems of water transport*; 2022:161–164. (In Russ.).

9. Glagolev E. S., Lesovik V. S., Chernysheva N. V., Lesnichenko E. N. Design of the composition of KGV with the mineral additive of opoka-like marl. *Construction Materials and Technologies.* 2020; 2(88):35–42. DOI: 10.33979/2073-7416-2020-88-2-35-43 (In Russ.).

10. Salamanova M. Sh., Gatsaev Z. Sh., Syzrantsev V. V. Study of the properties of alkaline binders with the addition of finely dispersed bentonite. *Bulletin of MGSU.* 2022; 17(8):1017–1026 (In Russ.).

11. Vezentsev A. I., Korolkova S. V., Bukhanov V. D. Texture characteristics and sorption properties of natural and magnesium-substituted montmorillonite-containing clay. *Scientific Bulletins. Series. Natural Sciences.* 2010; 9(80);11 (In Russ.).

12. Syutova E.A., Dzhigola L.A. Study of the kinetic patterns of solid-phase concentration of calcium ions by natural sorbents. *Sorption and chromatographic processes.* 2020; 20(1):64–78. DOI: 10.17308/sorphrom.2020.20/2381 (In Russ.).

13. Butenko E. O. Sorption properties of natural and synthetic tacovites. *Bulletin of the Azov State Technical University. Series: Technical Sciences.* 2009; 19:307–311 (In Russ.).

14. Lozinskaya E. F., Mitrakova T. N., Zhilyaeva N. A. Study of the sorption properties of natural sorbents in relation to copper (II) ions. *Scientific notes. Electronic Scientific Journal of Kursk State University.* 2013; 3(27):2 (In Russ.).

15. Turemuratov Sh. N., Abylova A. Zh., Bekbosynova R. Zh., Faizullaeva A. G., Daniyarova S. K. Study of physicochemical and structural features of carbonate rocks – marls of the Muynak and Khodzhakul deposits of Karakalpakstan. *Universum: Chemistry and Biology*; 2022:4(94). DOI: 10.32743/UniChem.2022.94.4.13243 (In Russ.).

16. Mitrakova T. N., Lukyanchikova O. N., Lozinskaya E. F. Sorption of copper (II) ions by natural materials. *Condensed matter and interphase boundaries*; 18(1):72–80 (In Russ.).

Информация об авторах

Джигола Л. А. – кандидат химических наук, доцент;
Сютова Е. А. – старший преподаватель.

Information about the authors

Dzhigola L. A. – Candidate of Chemistry Science, Assistant Professor;
Сютова Е. А. – Senior Lecturer.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.12.2023; одобрена после рецензирования 10.01.2024; принята к публикации 23.01.2024.

The article was submitted 19.12.2023; approved after reviewing 10.01.2024; accepted for publication 23.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 94–100.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):94–100 (In Russ.).

Научная статья
УДК 628.31
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_94

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Диулин Владислав Дмитриевич[1]✉, Сергеев Андрей Олегович[2], Бармин Александр Николаевич[3]
[1, 3]Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
[2]ООО «Харампурнефтегаз»
[1]diulin.vladislav@yandex.ru✉
[2]sergo777899@mail.ru
[3]abarmin60@mail.ru

Аннотация. В настоящее время риск нерационального использования водных ресурсов, пригодных для питья, а также для промышленного производства может привести к серьезным экологическим последствиям. Следовательно, обращая внимание на указанную проблематику, возникает необходимость, использовать методы возобновления ресурсов пресной воды. В связи с этим целью данной статьи является подробный анализ методов биологической очистки сточных вод, применяемых на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: аэротенк, аэробный процесс, анаэробный процесс, активный ил, биофильтр, септиктанк

Для цитирования: Диулин В. Д., Сергеев А. О., Бармин А. Н. Анализ использования методов биологической очистки сточных вод на территории Российской Федерации // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 94–100. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_94.

ANALYSIS OF METHODS OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT IN THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Vladislav D. Diulin[1]✉, Andrey O. Sergeev[2], Alexander N. Barmin[3]
[1,3]Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
[2]Kharampurneftegaz LLC
[1]diulin.vladislav@yandex.ru✉
[2]sergo777899@mail.ru
[3]abarmin60@mail.ru

Abstract. Currently, the risk of irrational use of water resources suitable for drinking, as well as for industrial production, can lead to serious environmental consequences. Therefore, there is a need, paying attention to these problems, to use methods of renewing freshwater resources. In this regard, the purpose of this article is a detailed analysis of biological wastewater treatment methods used in the territory of the Russian Federation.

Keywords: aerotank, aerobic process, anaerobic process, activated sludge, biofilter, septic tank

For citation: Diulin V. D., Sergeev A. O., Barmin A. N. Analysis of methods of biological wastewater treatment in the territory of the Russian Federation. *Geology, Geography and Global Energy*. 2024;1(92):94–100. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_94 (In Russ.).

На настоящем этапе развития общества экологическая проблема загрязнения водных объектов (рек, озер, морей, грунтовых вод и т. д.) признана одной из самых актуальных. В. И. Вернадский писал, что «вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных, геологических процессов» [1].

Производственные сточные воды – это воды, которые становятся загрязнёнными в результате процессов производства. Количество и качество этих сточных вод могут варьироваться в зависимости от типа промышленности и используемых технологий. Они могут содержать различные неорганические примеси, включая токсичные вещества и яды.

Следует учесть, что любая отрасль, в часть которых входят системы очистки сточных вод, имеет свои уникальные особенности, которые обособлены как различными процессами, так и материалами [2].

Сами производственные сточные воды можно разделить на две основные группы в зависимости от их состава и воздействия на окружающую среду. К первой группе можно включить

© Диулин В. Д., Сергеев А. О., Бармин А. Н., 2024.

сточные воды, образованные на содовых, сульфатных и азотных заводах, а также на обогатительных фабриках. Группа обычно имеет изменённые физические свойства: повышенную кислотность или содержание солей. В силу назначения данных заводов, их стоки могут содержать различные химические вещества, которые образуются в процессах производства, вследствие чего будет необходима их специальная обработка перед сбросом в природную среду.

Ко второй группе производственных сточных вод относятся те, что происходят с нефтеперерабатывающих заводов, химических предприятий, коксохимических и других производств. Данные сточные воды вызывают окислительные процессы, которые приводят к снижению содержания кислорода в воде и увеличению биохимической потребности в нём. Кроме того, влияние указанных производств наиболее сильно связано с органолептическими свойствами воды. Для того чтобы такие сточные воды не наносили вред окружающей среде, требуется их специальная обработка, которая может включать следующие методы очистки: механическая, физико-химическая или биологическая очистка [8].

Механический метод очистки сточной воды представляет собой физическое удаление механических примесей из воды путём осаждения и фильтрации. Указанный метод позволяет эффективно удалять до две трети нерастворямяемых примесей сточных вод бытового характера и до 90 % сточных вод промышленного. Этот процесс очистки играет важную роль не только в улучшении качества воды, но и позволяет повторно применить очищенную воду на производстве [7].

Химический метод очистки сточных вод основан на использовании специальных химических реагентов, которые вводятся в сточную воду и образуют с загрязнителями нерастворимые осадки. Далее полученные осадки возможно удалить из сточных вод. Химическая очистка позволяет достичь высокого содержания удаленных примесей (до 95 % от общего числа нерастворимых загрязнителей). Однако общее число растворимых примесей может быть уменьшено не более чем на 30 % [6].

Физико-химический метод обработки сточных вод применяется с целью удаления мелкодисперсных и растворенных неорганических примесей, а также разложения органических и слабо окисляемых веществ. Для этого используются различные процессы, такие как коагуляция, окисление, сорбция и экстракция.

Биологический метод очистки сточных вод основан на естественных процессах биохимического и физиологического самоочищения водных объектов. Для очистки сточных вод используются различные типы биологических систем, такие как биофильтры, которые используются для биологической фильтрации воды, биологические пруды, где происходит естественное самоочищение воды, и аэротенки, где происходит аэробная биологическая очистка сточных вод с использованием кислорода. Эти системы могут эффективно очищать сточные воды и способствовать поддержанию экологической устойчивости водных ресурсов. В **биофильтрах** сточные воды проходят через слой материалов, которые обеспечивают среду для роста бактерий и других микроорганизмов, способных разлагать загрязняющие вещества. Биологические пруды – это естественные водные системы, в которых происходит самоочищение под воздействием растений, водных организмов и микроорганизмов. Аэротенки работают за счёт подачи кислорода в сточные воды с помощью аэраторов, что способствует активному разложению органических веществ. Эти различные методы биологической очистки помогают эффективно удалять загрязняющие вещества из сточных вод и улучшать качество окружающей среды [4]. Также следует указать, что в реках и других водоемах возможен естественный процесс самоочищения воды, однако он протекает относительно медленно.

Особое внимание следует уделить необходимости использования механической очистки перед биологической с завершающим этапом использования химической очистки (хлорирование жидким хлором или хлорной известью). Указанная последовательность является классической разновидностью **комбинированного метода**.

С точки зрения экологии, **аэробные** процессы играют важную роль при очистке и стабилизации сточных вод. Для этих целей используются различные реакции, однако всех можно разделить на два типа: гомогенные реакции, в которых происходит равномерное распределение воды и биологических объемов, и реакции с неподвижной биопленкой на инертном субстрате, которые известны как биофильтры. Гомогенные реакторы представляют собой контейнеры, в которых сточная вода перемешивается с микроорганизмами, их обитающими. Биофильтры, напротив, имеют структуру, где сточная вода протекает через слой инертного материала, покрытого биопленкой, где и происходит процесс очистки. Оба указанных типа имеют свои преимущества и применяются в зависимости от конкретных условий и требуемой эффективности очистки сточных вод.

Технология очистки сточных вод с использованием **активного ила** является распространенным методом аэробного процесса. Очистку сточных вод активным илом можно разделить на два последовательных этапа (рис. 1).

1. Осаждённые вещества вступают во взаимодействие с воздухом и частицами активного ила в установке аэрации в так называемом аэротенке в течение определённого количества времени.

2. Осаждённые вещества отделяются и очищаются от частиц активного ила в отстойнике, очищенная жидкость удаляется, а в то же время автивный ил возвращается в аэротенк.

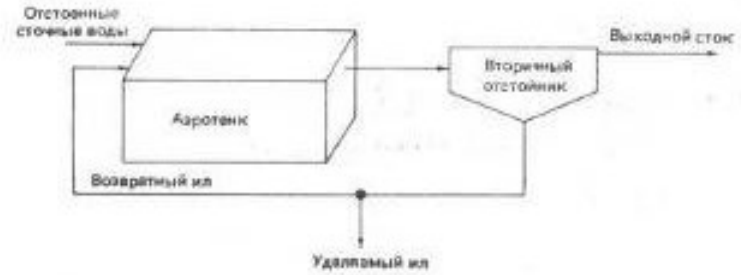


Рисунок 1 – Схема станции аэрации

При очистке сточных вод с применением аэротенков можно выделить три основных типа, отличающихся степенью смешивания сточной воды с жидкостью внутри устройства:

1. Предполагается, что сток проходит без влияния на жидкость внутри него.

2. Используется ступенчатый механизм впуска сточных вод, который обеспечивает смешивание поступающей воды с частью жидкости внутри аэротенка. Этот механизм улучшает интенсивность смешивания сточной воды с жидкостью, что может повысить эффективность процесса очистки.

3. Используются смесители, в которых сточная вода полностью смешивается с жидкостью внутри аэротенка. Этот тип обеспечивает наиболее интенсивное смешивание и обработку сточных вод, что может быть особенно полезным при очистке сильно загрязнённых водных потоков.

Каждый из этих типов предназначен для определённых условий и требований обработки сточных вод.

Для эффективной очистки сточной воды с высоким содержанием органических загрязнений наиболее эффективно себя зарекомендовали аэротенки с устройством ступенчатого впуска. Особенно это актуально в случаях, когда содержится большое количество быстро окисляемых веществ. Такой тип аэротенков обеспечивает более эффективное удаление указанных загрязнений, что позволяет достичь более высокого качества очистки сточных вод. Использование аэротенков со ступенчатым механизмом впуска помогает улучшить процесс очистки и обеспечить более эффективное удаление загрязнений в сточной воде (рис. 2) [9].

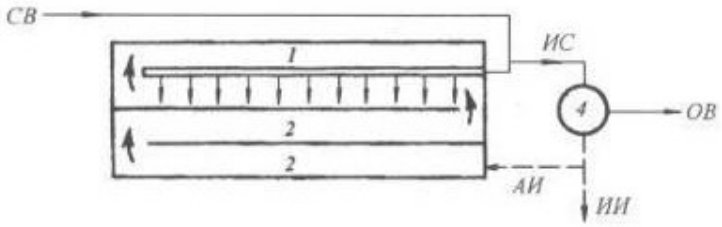


Рисунок 2 – Схема аэротенка со ступенчатым механизмом впуска сточной воды 2 (регенератор: 1 – аэротенк; 2 – аэротенк-смеситель; 4 – вторичный отстойник; СВ – сточная вода; ИС – иловые смеси, ОВ – очищенная вода; АИ – активный ил; ИИ – избыточный ил)

В сравнении с обычным аэротенком, аэротенк-смеситель обладает рядом значительных преимуществ. Одним из них является его способность эффективно очищать сточные воды с высокой концентрацией загрязнений. Кроме того, благодаря равномерному распределению воздуха по всей площади аэротенка обеспечивается стабильное функционирование процессов очистки.

Регулярное распределение воздуха в аэротенке-смесителе обеспечивает быстрое размножение микроорганизмов, что существенно повышает эффективность очистки сточных вод. В России аэротенк-смеситель признаётся одним из самых передовых и современных сооружений для этой цели. Аэротенк-смеситель является надежным и продвинутым методом очистки сточных вод, способствующим сохранению окружающей среды и поддержанию чистоты водных ресурсов.

На территории России, помимо аэротенков, используются также **очистные сооружения с постоянной биомассой**. В указанных сооружениях происходит взаимодействие сточных вод

с поверхностной биомассой, размещённой на носителе. Если в качестве фильтра сточной воды используют дроблённую породу, то обычно такая конфигурация называется биофильтром. В процессе того, как вода проходит через весь фильтр, она контактирует с биоплёнкой, которая наполнена полезными микроорганизмами, которые помогают биологическим способом утилизировать вредные примеси, содержащиеся в сточной воде, с учетом присутствия в ней кислорода. Этот процесс сопровождается выделением углекислого газа [5].

Биологическая пленка, хоть и тонкая, содержит и аэробные, и анаэробные зоны. Следует учитывать, что биофильтрование в большинстве исследований рассматривается сугубо как аэробный процесс. По факту данное явление происходит под действием как аэробных, так и анаэробных микроорганизмов.

В ходе этого процесса происходит естественное объединение обоих типов микроорганизмов.

Биофильтр – это устройство, состоящее из нескольких компонентов, таких как основной корпус, загрузочный материал и механизмы для распределения воды, дренажа и воздуха. В процессе очистки вода, содержащая загрязнения, проходит через специальный загрузочный материал. На его поверхности формируется тонкая плёнка, в которой населяются аэробные микроорганизмы. Она играет роль биоплёнки и способствует задержке загрязняющих веществ, которые не осаждаются в отстойниках, а также коллоиды и вещества, полностью растворённые в воде. Данная плёнка способна поглощать эти органические вещества и тем самым способствовать очистке воды от загрязнений. Затем сточная вода, удаляясь из биофильтра, уносит с собой мёртвую и отработавшую биоплёнку.

Биофильтры могут быть классифицированы по различным основам. Одна из них – качество очистки. Это означает, что биофильтры могут быть классифицированы в зависимости от их способности эффективно очищать сточную воду. Ещё одна основа классификации – технология подачи воздуха. Это относится к способу, которым воздух подаётся в биофильтр, такой как использование воздушных насосов или аэрационных систем. Третья основа – режим работы. Это может быть режим с рециркуляцией, когда сточная вода циркулирует через биофильтр несколько раз, или без рециркуляции, когда сточная вода проходит через биофильтр только один раз. Четвёртая основа – техническая схема. Биофильтры могут состоять из нескольких ступеней, каждая из которых отвечает за определённый этап очистки. Количество варьируется от одной до трех ступеней. Например, на рисунке 3 продемонстрирован тип биофильтра с блочной пластмассовой загрузкой.

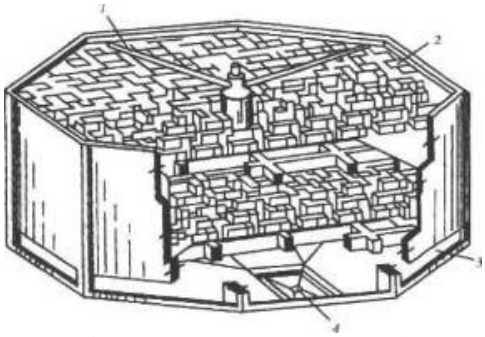


Рисунок 3 – Биофильтры с блочной пластмассовой загрузкой (1 – реактивный ороситель; 2 – пластмассовые блоки; 3 – вентиляционные окна: 4 – приямок для выхода сточной жидкости)

Чтобы аэротенки работали продуктивно, нужно постоянно контролировать уровень концентрации активного ила в иловой смеси, которая попадает в иные осадочные элементы [10]. Данные показатели концентрации зависят от типа очистительных сооружений и ключевых факторов, связанных с их работой. Повышение объёма активного ила до допустимых значений позволит повысить уровень очистки сточных вод до максимальных показателей. При этом стоить учитывать достаточное содержание кислорода для поддержания биохимических процессов при очистке воды [2].

Для улучшения конструкции очистных установок следует обратить внимание на несколько факторов.

В первую очередь при разработке процессов массообмена необходимо максимизировать их эффективность. Её можно достичь повышением динамических параметров воды в системе, что позволяет улучшить диффузию и в целом площадь контакта грязной воды и очищающего вещества.

Второй немаловажный фактор заключается в постоянном контроле и поддержке уровня полезных микроорганизмов в биореакторе ввиду их ключевой значимости в процессе очистки загрязнённой воды.

И третий фактор, рост активности полезных микроорганизмов, способствует более эффективному процессу очистки воды в пределах допустимых значений [8].

При модернизации системы очистных установок необходимо учитывать новые виды биологических реакторов, которые способны значительно поднять уровень очистки сточных вод. В РФ на сегодня скудный ассортимент биореакторов. Но из присутствующих на рынке стоит уделить внимание реакторам, которые имеют циклические механизмы вывода энергии. Они способны приносить энергию в систему очистки по своим схемам, что позволяет максимизировать эффективность очистки и снизить расходы. Ещё на нашем рынке достаточно распространены биореакторы с псевдоожиженным слоем биологической пленки, в ней искусственно создаётся среда обитания микроорганизмов. Также есть варианты с полной или частичной перегородкой которые способны регулировать объём и перемещение сточной воды в очистительной системе.

Необходимо помнить о повышенном давлении кислорода в месте, где увеличен доступ микроорганизмов к кислороду, и использовании электромагнитных и электрических способах рабочей среды с целью оптимизации очистки сточной воды.

Также на рынке РФ пользуется спросом биореактор с запорным устройством, с помощью которого есть возможность регуляции объёма микроорганизмов и который позволяет эффективно контролировать процесс очистки сточных вод.

В период анаэробной очистки сточной воды микроорганизмы не имеют доступа к кислороду, который растворён в воде, или к другим веществам, которые могут выступать в роле источников энергии. В этом случае они находят альтернативный способ получения энергии, перерабатывая органические соединения, которые растворены в сточной воде. При этом идёт активное выделение метана и иных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. Данные процессы достаточно важны в очистке сточных вод, а также позволяют эффективно утилизировать органические отходы в воде.

Больше всего спросом пользуется аэробный способ очистки сточных вод нежели анаэробный. Причина заключается в более широком спектре применения и изученности технологии.

Но при этом анаэробные способы очистки имеют свои плюсы.

В первую очередь подобные процессы формируют меньший объём осадки по сравнению с вышеупомянутым способом. Этот факт упрощает утилизацию отходов.

Вторым преимуществом данного процесса является возможность получения метана, побочного продукта жизнедеятельности бактерий, и дальнейшее его использование в качестве источника дополнительной и, главное, дешёвой энергии. Без учёта применения метана, затраты на аэробные процессы куда выше в основном из-за необходимости постоянной подачи кислорода и перемешивания.

Но к минусам анаэробной очистки относится низкая скорость ответной реакции на загрязнения в воде. Поэтому подобные установки проигрывают аэробным в габаритных размерах.

Также научная база и исследования в области анаэробной очистки недостаточно изучены, также недостаточно опыта работы с подобными процессами в крупных промышленных масштабах. Чтобы развивать данную область, необходимо делать аппараты более компактными и повышать биологическую активность микроорганизмов и продолжать исследования для развития всех аспектов подобного способа очистки загрязнённой воды [3].

Ещё одним перспективным методом очистки сточных вод является применение **септиков** (рис. 4). Они широко используются на городских очистных станциях для переработки осадков, которые были удалены из первичных отстойников, а также пены и активного ила из вторичных отстойников. В большинстве септиков используется два отделения. Первичное отделение оснащено подогревом (в пределах 30–40 °C) и перемешиванием и содержит активно сбраживаемый ил. Вторичное отделение не требует подогрева или перемешивания, его основная функция заключается в уплотнении и накоплении осаждённых веществ.

В целом биофильтр анаэробного типа является достаточно распространённым и применяется для очистки воды восходящим потоком жидкости. У данного фильтра достаточно крупные насадки, что предохраняет его от засорения. Поначалу в них использовали щебёночные насадки, диаметр которых составлял от 25 и до 65 мм соответственно. Это 55 % от общего объёма. Со временем были созданы решётки, свободный объем которых составляет 96 %. Но при этом высокая концентрация биомассы, точнее 50 %, зависит не только от вида насадки, но и от уровня свободного пространства в рабочей полости фильтра. Поэтому если скорость потока недостаточна, биомасса скапливается в свободном пространстве фильтра, что приводит к постепенному засорению микрочастицами и органическими элементами [10].

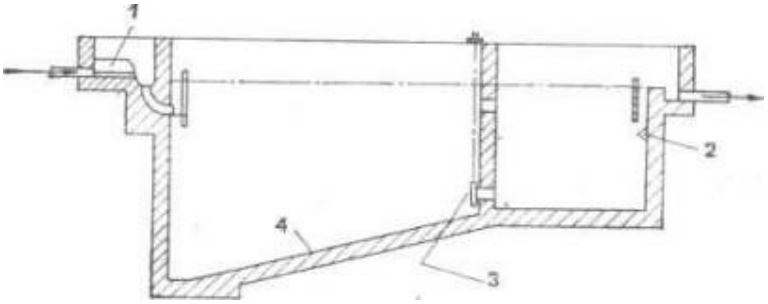


Рисунок 4 – Двухкамерный септик тенк (1 – регулятор; 2 – отражатель; 3 – напорный трубопровод; 4 – уклон 1:4)

Анаэробная биофильтрация, хоть она была тщательно изучена, всё ещё не получила широкого распространения в практике из-за нескольких причин. Во-первых, насадка с высокой степенью пористости обладает довольно высокой стоимостью, что ограничивает её применение. Это делает её недоступной для большинства потенциальных пользователей. Кроме того, есть и другие технические и экономические ограничения, которые могут затруднить широкое внедрение анаэробной биофильтрации в различных отраслях и предприятиях. Во-вторых, высокая концентрация взвешенных твердых частиц в сточных водах также является значительным ограничением. И, наконец, анаэробный биофильтр требует периодического обратного промывания для поддержания эффективности работы.

Выводы

В данной работе были изучены основные источники загрязнения сточных вод, виды загрязнений и способы очистки загрязнённой воды на территории нашей страны.

Опираясь на результаты проведённого исследования, стало ясно, что наиболее эффективным методом очистки бытовых и производственных сточных вод от различных загрязнений, как органических, так и не органических, является биологический способ фильтрации и очистки. Подобный способ очистки основан на жизнедеятельности микроорганизмов, которые используют загрязняющие вещества из воды в качестве необходимых элементов. Так, органические вещества или частицы, которые присутствуют в сточной воде, используются микроорганизмами как источник энергии. Данный метод располагает определёнными преимуществами перед другими способами очистки сточных вод. Данный способ обладает максимальной эффективностью и более производителен. Он позволяет произвести реакцию окисления всех органических веществ природного генезиса и определённой группы синтетических материалов.

К преимуществам данного способа также можно отнести восстановительные способности активного ила, это делает данный метод очистки одним из самых долговечных.

Стоит учитывать, что в момент очистки необходимо поддерживать определённую температуру, комфортную для микроорганизмов. Посредством данного способа можно качественно очистить сточные воды, при этом биоорганизмы которые используются в очистке способны приспосабливаться к новым загрязнителям, что позволяет более универсально и гибко применять подобные системы.

У данного способа очистки сточных вод есть определённые недостатки. К примеру, биофильтры сильно зависят от внешних факторов, таких как температурные показатели и высокая степень минерализации в воде. То есть при неблагоприятных условиях погоды и состава воды эффективность очистки сточных вод может заметно снижаться. Также к отрицательным моментам данного способа можно отнести загрязнение токсичными веществами, к примеру, тяжёлыми металлами или синтетическими поверхностно-активными веществами. Подобные вещества способны негативно влиять на микроорганизмы, вплоть до полной их нейтрализации.

Необходимо обратить внимание на многие факторы при выборе фильтров. Важно определить, насколько загрязнены сточные воды, тип их загрязнения, объёмы и эффективность выбранного метода. Не стоит забывать про температурные показатели сточных вод, ведь от них зависит качество фильтрации и активность микроорганизмов фильтра. Помимо температурного фактора важно учитывать наличие в сточных водах ингибиторов, способных приостановить или вовсе снизить эффективность работы микроорганизмов.

Список литературы

1. Андреев В. Г. Влияние протонного обменного взаимодействия на строение молекулы воды и прочность водородной связи // Актуальные проблемы науки в России: материалы V Международной конференции. Кузнецк, 2008. Т. 3. С. 58–62.
2. Береза А. И., Беличенко Ю. П. Очистка и использование поверхностного стока с территорий промышленных предприятий. Москва: ВЗИИТ, 2005.
3. Вишаренко В. С. Принципы управления качеством окружающей среды городов. Урбоэкология. Москва: Наука, 2000.
4. Голованчиков А. Б., Симонов Б. В. Биоэкологические и электрохимические процессы: учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2009. С. 109.
5. Гордин И. В. Технологические системы водообработки. Ленинград: Химия, 1997. С. 264.
6. Жуков А. И., Монгайт И. Л., Родзимер И. Д. Канализация промышленных предприятий. Очистка промышленных сточных вод. Москва: Госстройиздат, 1962. С. 602.
7. Жуков А. И., Монгайт К. Л., Родзимер И. Л. Методы очистки производственных сточных вод. Москва: Стройиздат, 1977. С. 204.
8. Захаров С. Л. Очистка сточных вод нефтебаз // Экология и промышленность России. 2002. С. 35–37.
9. Зиятдинов Н. Н. Системный подход к повышению эффективности биологической очистки промышленных сточных. Казань, 2011. С. 39.
10. Когановский А. М., Клименко Н. А., Левченко Т. М. и др. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. Москва: Химия, 1993. С. 287.

References

1. Andreev V. G. The effect of proton exchange interaction on the structure of the water molecule and the strength of the hydrogen bond. *Actual problems of science in Russia: materials of the V International conference* Kuznetsk, 2008; 3:58–62 (In Russ.).
2. Bereza A. I., Belichenko Yu. P. *Purification and use of surface runoff from the territories of industrial enterprises.* Moscow: VZIIT, 2005 (In Russ.).
3. Visharenko V. S. *Principles of urban environmental quality management. Urban ecology.* Moscow: Nauka, 2000 (In Russ.).
4. Golovanchikov A. B., Simonov B. V. *Bioecological and electrochemical processes: textbook.* Volgograd: VolgSTU; 2009:109 (In Russ.).
5. Gordin I. V. *Technological systems of water treatment.* Leningrad: Chemistry; 1997:264 (In Russ.).
6. Zhukov A. I., Mongayt, I. L., Rodzimer, I. D. *Sewerage of industrial enterprises. Industrial wastewater treatment.* Moscow: Gosstroyizdat; 1962:602 (In Russ.).
7. Zhukov A. I., Mongayt K. L., Rodziller I. L. *Methods of industrial wastewater treatment.* Moscow: Stroyizdat; 1977:204 (In Russ.).
8. Zakharov S. L. Wastewater treatment of oil depots. *Ecology and Industry of Russia*; 2002:35–37 (In Russ.).
9. Ziyatdinov N. N. *A systematic approach to improving the efficiency of biological treatment of industrial wastewater.* Kazan; 2011:39 (In Russ.).
10. Koganovsky A. M., Klimenko N.,A., Levchenko T.,M. et al. *Wastewater treatment and use in industrial water supply.* Moscow: Chemistry; 1993:287 (In Russ.).

Информация об авторах

Диулин В. Д. – аспирант кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности;
Сергеев А. О. – старший геолог;
Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор.

Information about the authors

Diulin V.D. – post-graduate student of the Department of Ecology, Environmental Management, Land Management and Life Safety;
Sergeev A.O. – Senior Geologist;
Barmin A. N. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.01.2024; одобрена после рецензирования 18.01.2024; принята к публикации 30.01.2024.
The article was submitted 10.01.2024; approved after reviewing 18.01.2024; accepted for publication 30.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 101–126.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):101–126 (In Russ.).

Научная статья
УДК 627.1
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_101

МИРЭКОЛОГИЯ: ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТРОЙСТВА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ МИРОСИСТЕМЫ

Колбовский Евгений Юлисович
Московский государственный университет им. Ломоносова, Институт географии РАН
kolbowsky@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6302-0733

Аннотация. Усилиями историков, экономистов и социологов в XX в. была разработана концепция развития глобальных социально-экономических систем, в значительной степени опиравшаяся на анализ истории капитализма и получившая наименование «теория Миросистемы и Мирэкономики». В рамках этой теории главным географическим следствием исторического развития Миросистемы выступает формирование Мирэкономики с неравным рыночным обменом и группированием стран с преобладанием сервисно-ориентированной, производственной или сырьевой специализацией. Мирэкономика обеспечивается введением и поддержанием Глобального (геополитического) Порядка, который, в свою очередь, определяется военным доминированием Гегемона. Функционирование Мирэкономики приводит к дифференциации Миросистемы как совокупности стран по принадлежности к зонам Ядра, Периферии, и Полупериферии. В последние два-три десятилетия заметное выражение получила сетевая сущность Миросистемы, что позволяет рассматривать её как Глобальную Сеть высокой степени связности с узлами-мегаполисами и множественными транспортными, коммуникационными и финансовым каналами между ними. Оба эти феномена – зональную дифференциацию и сетевую связанность – можно рассматривать как дополняющие друг друга модели, отражающие важнейшие неотъемлемые свойства Миросистемы и Мирэкономики; при этом сетевая модель важна для понимания функционирования Мирэкономики, а зональная – для выявления структуры и прогноза будущей дифференциации Миросистемы на новые «Ядра» и «Периферии». Кризис Миросистемы, предсказываемый начиная с 1990-х гг., предопределён экономическими, геополитическими, но в неменьшей степени и экологическими факторами, прежде всего с увеличивающейся недостаточностью всех жизнеобеспечивающих ресурсов (энергетических, земельных, водных и т. д.) на фоне меняющегося глобального климата. Эта нехватка, обозначаемая ныне специальным термином «scarcity» (дефицит), признаётся одним из базовых признаков капитализма, породившего особый стиль потребления и соответствующей эксплуатации Природы. По этой причине экология становится ещё одним «полем битвы» между сторонниками консервативного «неомальтузианского» и «прометеевского» неолиберального подходов в решении глобальных экологических проблем. Между тем в российской науке был разработан собственный междисциплинарный подход, получивший два различных названия: «социо-естественная история» (по Э. С. Кульпину) и «метаэкология» – (по В. А. Красилову), которые расширяют наше понимание существования Миросистемы как сложнейшей социально-экологической сущности, свойства которой невозможно объяснить только функционированием механизма Мирэкономики. Кризисы Миросистемы, свидетелем одного из которых мы являемся в настоящее время, всегда сопровождались «износом» старой метафизики и зарождением новой, переопределявшей цели человеческого существования, отношения между Человеком и Обществом, а также между Человеком и Природой. Эту сторону Миросистемы, обозначенную американским социологом Дж. Муром как Мирэкология, необходимо учитывать при анализе современного кризиса и прогнозе будущих состояний Миросистемы.

Ключевые слова: Миросистема, миросистемный анализ, Мирэкономика, Мирэкология, экологический след Миросистемы, глобализация, сценарии деглобализации, Антропоцен, экомодернизм, дерост, Капиталоцен

Для цитирования: Колбовский Е. Ю. Мирэкология: геоэкологические аспекты устройства и функционирования современной Миросистемы // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 101–126. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_101.

WORLD-ECOLOGY: GEO-ECOLOGICAL ASPECTS OF MODERN WORLD-SYSTEM STRUCTURE AND FUNCTIONING

Evgeny Yu. Kolbovsky
Lomonosov Moscow State University. Lomonosov Moscow State University, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences
kolbowsky@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6302-0733

© Колбовский Е. Ю., 2024.

Abstract. The efforts of historians, economists and sociologists in the 20th century developed a concept of the development of global socio-economic systems, largely based on the analysis of the history of capitalism and called the "theory of the World-System and World-Economy". In the framework of this theory, the main geographical consequence of the historical development of the World System is the formation of the World Economy with unequal market exchange and grouping of countries with predominance of service-oriented, production or raw material specialization. The World-Economy is ensured by the introduction and maintenance of the Global (geopolitical) Order, which, in turn, is determined by the military dominance of the Hegemon. The functioning of the World-Economy leads to the differentiation of the World-System as a set of countries belonging to the Core, Periphery, and Semi-periphery zones. In the last two-three decades, the network essence of the World-System has gained prominence, which allows us to consider it as a Global Network with a high degree of connectivity with megacities and multiple transportation, communication and financial channels between them. Both these phenomena – zonal differentiation and network connectivity – can be regarded as complementary models reflecting the most important inherent properties of the World System and the World Economy. The network model is important for understanding the functioning of the World Economy, and the zonal model is important for revealing the structure and forecasting the future differentiation of the World System into new "Cores" and "Peripheries". The crisis of the World System, predicted since the 1990s, is predetermined by economic, geopolitical, and, to no lesser extent, ecological factors, first of all, the increasing scarcity of all life-supporting resources (energy, land, water, etc.) against the background of the changing global climate. This scarcity, now designated by the special social and ecological term, is recognized as one of the basic features of capitalism, which has given rise to a particular style of consumption and corresponding exploitation of Nature. For this reason, ecology is becoming another "battlefield" between the supporters of conservative "neo-Malthusian" and "Promethean" neoliberal approaches to global environmental problems solving. Meanwhile, Russian science has developed its own interdisciplinary approach, which received two different names: "socio-natural history" (according to E.S. Kulpin) and "metaecology" (according to V.A. Krasilov), which expand our understanding of the existence of the World-System as a complex socio-ecological entity, the properties of which cannot be explained only by the functioning of the mechanism of the World-Economy. The crises of the World-System, one of which we are witnessing at present, have always been accompanied by the "wear and tear" of the old metaphysics and the emergence of a new one, which redefined the goals of human existence, the relationship between Man and Society, as well as between Man and Nature. This side of the World-System, designated by American sociologist J. Moore as World-Ecology, should be taken into account when analyzing the current crisis and forecasting future states of the World- System.

Keywords: World-System, world-system analysis, World-Economic, World-Ecology, ecological footprint of the World-System, globalization, de-globalization scenarios, Anthropocene, ecomodernism, degrowth, Capitalocen

For citation: Kolbovsky E. Yu. World-ecology: geo-ecological aspects of modern World-system structure and functioning. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):101–126. https://doi.org/10.54398 /20776322_2024_1_101 (In Russ.).

Введение: миросистемный анализ как инструмент кроссплатформенного теоретизирования. Двадцатый век, особенно его вторая половина, оказался богатым на так называемые «Общие Теории Всего», претендовавшие на объяснение картины мира в целом: одно из таких всеобъемлющих объяснений, разработанное в рамках «внедисциплинарных» (выражение И. Валлерстайна [1]) исследований и посвящённое изучению истории существования Миросистемы (World-System) и её экономической составляющей Мирэкономики (World-Economic), получило наименование «миросистемного анализа».

Миросистемный анализ (МА) значительно моложе достаточно старой (в полтора-два столетия) традиции «философствующей» истории, поскольку в качестве методологии он сформировался окончательно в последней четверти прошлого века. Существует несколько в равной степени важных обстоятельств, явившихся одновременно и источниками, и побудительными причинами конструирования «миросистемного» варианта «Общей Теории. Всего»:

– появление работ представителей «школы Анналов» Ф. Броделя [2], М. Блока [3] и их последователей, рассматривающих исторической процесс как историю повседневного существования и экономического быта обычных людей, социальных групп и идентичностей (от сельской общины и цехового объединения до этноса и нации);

– разработка (И. Валлерстайном [4], Н. Луманом [5] и др.) идей новой социологии, позволявших обрести целостный взгляд на человеческое общество и его дифференциацию («система систем») и по-новому осветить важнейшие этапы истории, в частности смену социально-экономических формаций и переход от феодализма к капитализму;

– установление с начала 1950-х гг. Глобального Миропорядка (Global Order) в качестве особого инструмента устройства и дифференциации Мира, сменившего старую систему колониализма;

– недовольство и неприятие либеральных «теорий развития», «прогресса» и «модернизации», созревшее в мировом сообществе к концу 1960-х гг.;

– исследования Экономической комиссии ООН для Латинской Америки, объяснявшие причины укорененного неравенства Мирэкономики и подытоженные в виде концепции «Ядра-Периферии» Р. Пребиша [6], а затем и в «теории зависимости» А. Г. Франка [7];

– выстраивание варианта неомарксизма, призванного помочь в преодолении тупиков канонического марксизма-ленинизма – с одной стороны [8], и в научном препарировании «фордистской» и «милтонфридмановской» версий современного капитализма – с другой [9].

Может возникнуть резонный вопрос, почему сегодня в конце первой четверти нового века мы не можем отправить Миросистемный Анализ в богатый архив научных подходов, иными словами – почему МА остаётся и лучшим объяснением, и востребованной «оптикой» для понимания происходящего. Пожалуй, главная причина заключается в том, что история современности и, прежде всего, нынешний глобальный политически кризис во-многом идут по сценариям, предсказанным теоретиками МА, например, И. Валлерстайном [10]. В этом смысле неугасающее внимание к МА связано с рядом факторов, среди которых:

– очевидный неуспех поиска приемлемых моделей глобализации как баланса между национальными государствами – с одной стороны, и транснациональным бизнесом крупнейших корпораций – с другой;

– наметившийся распад Глобального Порядка и призрак деглобализации/децивилизации как перспективы трансформации Миросистемы;

– осознание уязвимости Глобальных Сетей (производственных, транспортных, информационных), обеспечивающих функционирование Мирэкономики [11];

– нарастающие по масштабу потрясения Мирэкономики в ответ на непредвиденные обстоятельства в форме краха банковской системы, Ковида-19, региональных и гибридных войн [12];

– остро ощущаемый дефицит критически важных ресурсов на фоне глобальных климатических изменений, отрефлексированных в качестве «Климатгейта» и вызвавших выстраивание особой экополитики как попытки установления неоколониализма иными средствами, предпринятыми со стороны стран «Ядра» [13];

– нерешённые на теоретическом уровне метапроблемы развития, включающие смыслы человеческого существования и образы желаемого будущего, цели развития и системы ценностей, параметры справедливого социального устройства и основы этики, правила и принципы регулирования международных отношений.

Можно утверждать, что экологические аспекты МА, которым ранее уделялась сравнительно скромная роль, если и не выдвинулись на первый план, то заняли весьма знаковое место (см., например, работу И. Валлерстайна «Конец знакомого мира» [10]). В российской науке сложилась собственная школа МА, сторонники которой анализируют исторические фазы трансформации Миросистемы в рамках модели, построенной на совмещении экономических циклов с принципами биологической эволюции [14].

1. Метаэкология. Метаэкология – термин, предложенный российским эволюционистом и специалистом по палеонтологии мелового периода В. А. Красиловым в одноименной монографии, увидевшей свет в 1997 г. [15]. Сам он не даёт трактовки этого «данного авансом» термина, но насколько можно заключить из контекста, метаэкология – это своего рода «экология духа» отдельно взятой личности и метафизики человечества в целом. На роль нематериальных сторон человеческого существования обращали внимание многие «философы истории»: О. Шпенглер [16, 17], А. Тойнби [18], Л. Н. Гумилев [19], полагавшие метафизику чем-то вроде «двигателя внутреннего сгорания» духовной жизни общества, этноса и нации, в значительной степени определявшего их коллективную историческую судьбу.

В. А. Красилов впервые объединил разные смыслы, относящиеся как к Человеку и Социуму, так и к Природе, представив метафизику в качестве нематериальной (духовной) части «метаэкосистемы», под которой он понимал макрорегиональные воплощения освоенной человеком части биосферы. На страницах «Метаэкологии» с необычайной достоверностью продемонстрировано, что любому цивилизационному кризису, настигавшему человечество на разных этапах истории, всегда предшествовал кризис старой метафизики: таким был переход от античности к раннему феодализму, от позднего феодализма – к раннему капитализму, от капитализма – к социализму [15]. При этом формированию новой общественно-экономической формации обычно предшествовало зарождение метафизики нового типа. Метафизика регулировала отношение человека к самому себе (смыслы и этика повседневного существования, жизненные цели и система ценностей), к окружающим его людям (сопричастность, идентичность и социальность). Метафизика выстраивала и разнообразные стороны взаимодействия Человека с миром Природы. Эта отчетливо сформулированная концепция не получила (в силу языковых барьеров) известности за рубежом, однако основные её положения так или иначе воспроизводятся сегодня в рамках нарративов социальной [5, 20] и исторической экологии [21, 22]. В отечественной науке традиции метаэкологии получили своеобразное продолжение в исследованиях по «социо-естественной истории», основоположником которой считается Э. С. Кульпин [23], а также в исследованиях школы «социальной макроэволюции», представители которой (Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев с коллегами) анализируют историческую трансформацию этносов и стран с использованием теоретического аппарата современной теории биологической эволюции [14].

2. Миросистема и Мирэкономика. Миросистемный анализ в трудах основоположников занимает многие сотни страниц – изложить его суть в нескольких строчках едва ли возможно, но нас интересует географическая и метаэкологическая «проекции» основных принципов устройства Миросистемы. В этом смысле Миросистема может быть охарактеризована по девяти позициям: свойства (1), акторы (2), истинный характер «свободного» рынка (3), дифференциация на мировые зоны (4), исторические циклы развития (5), кризисы как конец старого и начало нового цикла (6), глобализация как выражение глобального порядка (7), наблюдающиеся тренды как потенциальные «развертки» будущего (8) и, наконец, возможное место и значение Мирэкологии как «недостающего звена» классической концепции (9).

В центре подобным образом представленной схемы МА – современный этап развития капитализма с его Мирэкономикой, сущностную часть которой представляет «свободный» (с позиций теоретиков либерализма) рынок. На рынке властвуют транснациональные корпорации и крупные фирмы, организовавшие неравный обмен между сырьем и конечной продукцией, следовательно – между странами, добывающими сырьё, странами, производящими конечную продукцию и странами, потребляющими большую часть и того, и другого, и одновременно предоставляющими услуги в виде возможности пользоваться «мировой валютой» и беспрепятственно перемещать грузы из одной части мира в другую. «Заведённый» Глобальный Порядок (Global Order), с одной стороны, предопределяет разделение Миросистемы на страны Центра (или Ядра – «Core»), Периферии (или страны «третьего мира») и Полупериферии, с другой – обеспечивает условия для консервации и воспроизводства подобной дифференциации таким образом, что страны Периферии почти не имеют шансов перейти в разряд стран благополучного Ядра [6], [24]. Разделённая на зоны Миросистема и установленный в её пределах Глобальный Порядок проецируются на распределение производственной специализации, экономической и финансовой мощи, научно-технических достижений, военной силы и милитаристского присутствия, геополитического влияния и, разумеется, уровня жизни в разных глобальных «зонах» [1, 3, 8].

Мирэкономика переживает фазы подъёма и спада, длящиеся около полувека, в течение которых происходит расширение и сжатие Миросистемы во всех аспектах её существования и функционирования, в том числе – территориальной. Кульминацией спада Миросистемы являются кризисы, затрагивающие все её зоны, однако в различной степени, поскольку кризисные явления прежде всего распространяются на страны Периферии и Полупериферии, последние могут и вовсе «выпасть» из Мирэкономики, превращаясь в своего рода «Запределье» цивилизованного мира.

Логика кризиса, воспринимаемая с позиций крупного капитала и представляющая его интересы транснациональных корпораций, диктовала перевод значительного объёма промышленного производства в страны полупериферии, что увеличивало доходы за счёт снижения издержек [1, 4]. Эти обстоятельства позволили странам Ядра озаботиться экологическими проблемами и в течение нескольких последних десятилетий в значительной степени освободить свои города от техногенного пресса: литейные и прокатные цеха, судостроительные доки и текстильные мануфактуры были превращены в развлекательные пространства, парки креативности и «коворкинга» для IT-специалистов. Та же логика определила привлечение к непрестижным рабочим и обслуживающим профессиям армии эмигрантов в качестве резервной базы труда. Казалось бы, перевод производства из Центра в государства Полупериферии и Периферии должен был способствовать их индустриализации и выходу из состояния «недоразвития»; однако на деле этого не произошло, поскольку перемещение производства не изменило вектора аккумуляции капитала, который по-прежнему остаётся направленным к центрам ТНК в мегаполисах преуспевающих стран; по сути, индустриализация стран Полупериферии и Периферии создала просто новые условия для ещё большего (в том числе – экологического) неравенства [9, 20, 24].

Организованная таким образом Миросистема – трансграничная (в известной степени – независимая от «мозаики» государственных границ) структура, воспроизводимая Глобальными Сетями [11, 25] с узлами в форме мегаполисов и «рёбрами» в виде воздушных трасс, морских путей, трансконтинентальных и трансокеанических продуктопроводов, функционирование которых обеспечивается Глобальным Порядком Гегемона, в роли которого последние полвека выступают Соединенные Штаты Америки. Излишне упоминать что гегемония опирается на военные базы и самый большой в мире 6-й военно-морской флот США [13]. Само установление Глобального Порядка и Мирэкономики не происходило бескровно: экономические интервенции Гегемона и других стран Ядра почти всегда предварялись прямыми военными вторжениями и сменами «неправильных» режимов Ближнего Востока, Юго-Восточной Азии, Латинской Америки.

3. Экология «свободного рынка». Глобальный рынок – гигантский двигатель современной Мирэкономики, который в соответствии с идеологией современной неолиберальной версии капитализма именуется «свободным», т. е. предоставляющим равные условия для всех участников независимо от их роли и позиции в Миросистеме. Миросистемный анализ вскрывает внутреннее

устройство свободного рынка, доказывая, что его сущность глубоко изменилась за последние полвека, поскольку капитализм заинтересован не просто в доходах, а в максимизации прибылей относительно издержек, что возможно лишь в ситуации неравного обмена, создаваемой монополиями. Страны Ядра располагают дежурными элементами антимонопольного законодательства, сохраняя, таким образом, внешние признаки конкуренции, тем не менее господствующие на рынке крупнейшие фирмы и транснациональные корпорации («квазимонополии» – по определению И. Валлерстайна [1]) добиваются сверхдоходов, используя целый набор средств, среди которых:

– специализация на производстве «ведущих», т. е. технологически прорывных товаров (компьютерная техника, айфоны, авто, ювелирные изделия и т. д.) [10];

– неравный обмен между производителями сырья, а также поставщиками комплектующих (из стран Периферии и Полупериферии), с одной стороны, и конечными производителями – с другой, в пользу последних, располагающихся в странах Ядра [6];

– присвоение прибылей за счёт особой «настройки» внутренней налоговой политики и прямого уклонения от налогов [9];

– лоббирование государствами Ядра продукции монополий на внешних рынках;

– ликвидация издержек путём снятия с квазимонополий юридической ответственности и финансового бремени за истощение ресурсов и ухудшение состояния окружающей среды в странах Периферии и Полупериферии.

Последний фактор непосредственно определяет как локальную территориальную несправедливость, так и глобальное экологическое неравенство современной Миросистемы. Локальная несправедливость заключается в том, что страдательной стороной техногенного пресса на окружающую среду становится беднейшее население, живущее в условиях загрязнённых выбросами атмосферных бассейнов городов и потребляющее воду, перегруженную промышленными токсикантами. Вторая сторона несправедливости – перекладывание расходов экореабилитации ландшафтов и рекультивации отдельных компонентов природы на социум в целом (например – в виде налогов), притом, что критический накопленный вклад в ухудшение состояния окружающей среды, как правило, напрямую связан с предприятиями, владельцы и акционеры которых получают сверхприбыли.

Глобальное экологическое неравенство изучалось в последние два-три десятилетия особенно активно. Доказано, что многие «зелёные» инициативы стран «золотого миллиарда», и прежде всего «зелёная» или экополитика, обернулись переносом «грязных» производств на территорию Китая, государств Юго-Восточной Азии и Латинской Америки [20, 26]. Так аккумуляторы «экологичных» электромобилей, призванных оздоровить городскую среду мегаполисов Европы и Северной Америки, требуют больших объёмов лития и никеля с добычей сырья и развертыванием соответствующих производств в странах Периферии и Полупериферии. Далеко от «экологичного» и производство солнечных батарей [13]. «Длинные цепочки» элитарных производств, которые презентуются общественности как создающие рабочие места в странах Периферии, например, производство ювелирных изделий, также оставляют техногенные пустыни в тех местах, где добывается сырьё (драгоценные камни, алмазы, золото) [27]. В итоге «свободный» рынок и его основные акторы в виде квазимонополий и ТНК формируют условия неравного обмена с помощью налаженного механизма распределения и закрепления ролей в Мирэкономике, в результате чего страны Периферии оказываются в положении, которое А. Г. Франк обозначил как «развитие недоразвития» [24].

4. Мировые зоны: география «центра-периферии». Прибыльность экономики в Миросистеме оказывается напрямую связанной со степенью монополизации производства, каковая, в свою очередь, определяется сращиванием крупного капитала с бюрократической машиной современного государства. Мощь государства позволяет квазимонополиям производить и распространять «ведущие товары» и одновременно контролировать ситуацию неравного обмена на глобальном рынке, консервируя за другими странами роль поставщиков сырья и покупателей высокотехнологичной продукции [6, 9, 10]. Страны, отвечающие этому условию, составляют Ядро (или Центр) Миросистемы, остальные распределились между двумя категориями – Периферией (с контролируемыми политическими режимами и вечной ролью «сырьевого придатка) и Полупериферией, государства которой в разных долях сочетают и производственные, и сырьевые функции. Таким образом, Миросистема становится дифференцированной, причём одновременно в нескольких измерениях: экономическом, геополитическом, социальном, экологическом. Попытаемся обобщить базовые признаки трёх групп (табл.).

Таблица 1 – Критические признаки трёх зон Миросистемы

Зоны Мирэкономики			
Свойства	Ядро	Периферия	Полупериферия
Локализация в Миросистеме	Относительно компактный центр	Рассредоточена по всему миру	В буферной зоне между Ядром и Периферией
Географическое расположение	(Глобальный Север): Западная Европа, Северная Америка, Австралия и Новая Зеландия, Южная Корея	Африка и часть Южной Америки, часть ареала СНГ, Океания	Китай Россия, Индия, Бразилия, Нигерия, Турция, Южная Африка
Уровень индустриализации	Высокий в прошлом с выносом части производств в страны Периферии и Полупериферии	Невысокий в узком сырьевом секторе производства или низкий	Высокий в сырьевом секторе, средний и низкий в перерабатывающих отраслях
Технологическая специализация	«Ведущие товары», финансы, информация и сервисные услуги	Слабая или деформированная, основанная на добыче сырья	Деформированная, с перекосом в добычу сырья и в отдельные отрасли «неинновационных» товаров
Разнообразие экономических ниш	Высокая степень экономической диверсификации	Критическая зависимость от одного или нескольких источников дохода	Среднее с зависимостью от внешних инвестиций
Уровень благосостояния и социального обеспечения	Высокий с гарантированным социальным обеспечением и «закредитованной» покупательской способностью населения	Низкий с отсутствием возможностей бесплатного медицинского обслуживания и образования, а также – пенсионного обеспечения	Средний и низкий с невысоким уровнем зарплат и негарантированным соцобеспечением для значительной части социума
Политическая стабильность	В целом высокая политическая стабильность вне периодов кризисных кульминаций	Низкая с постоянной сменой режимов, часто с военными интервенциями со стороны стран Ядра и Полупериферии	Различная: высокая в странах с традиционно сильным госаппаратом, низкая в странах с неустоявшимися или меняющимися формами правления
Геополитическое положение	Позиция Гегемона с претензиями на установление и поддержание Глобального Порядка	Подчиненное с риском военных и экономических интервенций со стороны стран Ядра	Позиция макрорегионального лидера со склонностью к реконструкции «постимперий» с переключением зависимости стран Периферии на региональную метрополию
Экологическая ситуация	Значительно улучшившаяся в последние десятилетия за счёт частичной деиндустриализации и выноса наиболее «грязных» производств	Неблагополучная в целом и критическая в зонах добычи сырья, с отсутствием у большей части населения доступа к источникам чистой воды/воздуха	Неравная – улучшающаяся в зонах мегаполисов и неблагополучная во многих ареалах «внутренней Периферии»

Очевидно, что поместить всё страновое разнообразие в три типа, локализуя их по трём мировых зонам, достаточно сложно. Во-первых, существуют внутренние различия в пределах каждой зоны: так, некоторые страны Ядра более «центральны», чем другие: достаточно посмотреть на Евросоюз с его лидерами – ФРГ, Францией, Италией и аутсайдерами – внутренней Периферией, представленной такими странами, как Румыния или Греция [28]. Во-вторых, вынос многих производств в страны Полупериферии позволил некоторым из них подняться по уровню благосостояния, экономической и военно-политической мощи и, следовательно, претендовать на роль мировых (Китай) и макрорегиональных (Южная Корея, Индия, Бразилия, ЮАР) лидеров. В-третьих, дифференциация Миросистемы значительно усложнилась в связи с новыми феноменами глобализации: чрезвычайно возросшей экономической, информационной и геополитической ролью мегаполисов и формированием сложнейшей системы транспортных и торговых связей. Функционирование мегаполисов дополнительно дифференцирует внутреннее пространство стран в любой из трёх мировых зон на «внутреннее Ядро» и «внутреннюю Периферию».

Разумеется, можно критиковать концепцию «Ядра-Периферии» за слишком обобщённый взгляд на сложные процессы [29, 30]. Однако социально-экономические и геополитические признаки трёх мировых зон в последние десятилетия были предметом пристального изучения и геостатистического моделирования [28], результаты которых, хотя и продемонстрировали более сложную дифференциацию, но в то же самое время подтвердили практически все базовые параметры «классических» зон и их современную динамику [25, 31, 32].

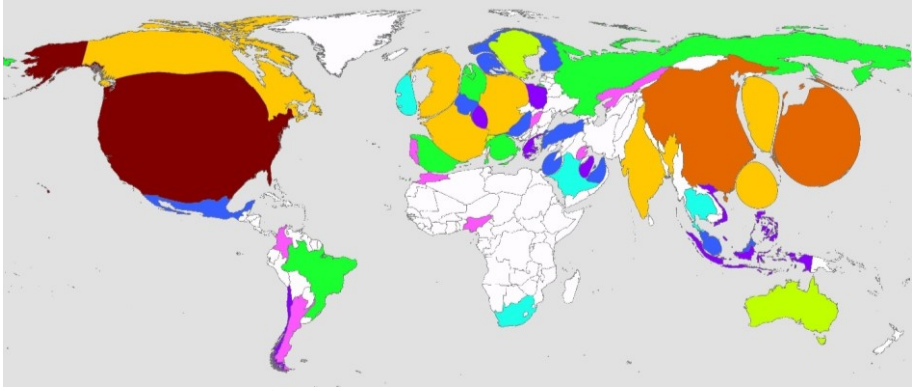


Рисунок 1 – Страны-лидеры в области технологических инноваций и производства «прорывных товаров» (по числу фирм и компаний с соответствующими доходами); источник: The Global 2000–2023 (forbes.com)

Так, несмотря на то, что экономическое лидерство и влияние стран Ядра подтверждается географическим положением 2000 компаний с наибольшим доходом от производства и продаж «прорывных товаров» (рис. 1), тем не менее здесь наблюдается отчётливая динамика за десятилетие начиная с 2014 г., для которого впервые были рассчитаны данные. В обеих странах – лидерах Ядра (США и Япония) число крупнейших фирм сократилось: в США – 590 компаний против 564, в Японии – 215 против 225. Китай (291) увеличил свои показатели почти на порядок и сместил Японию со второй позиции. Среди стран Восточной Азии Южная Корея также демонстрировала значительный рост. В Западной Европе по-прежнему имеется значительное число крупных предприятий, однако во всех странах европейского Ядра (кроме Германии – 54 против 52) этот показатель уменьшился: в Великобритании, занимающей первое место списке, – с 92 до 66, во Франции – с 66 до 53, в Швейцарии – с 48 до 42. В Центральной и Восточной Европе Польша только продемонстрировала рост числа крупных предприятий.

Следующий характерный показатель – экспорт «сырого» сырья и рыночная зависимость стран от неравного обмена. Параметр «сырьевая зависимость как доля распределённого товарного экспорта» презентует дифференциацию Миросистемы весьма определённо: многие страны (среди них Россия, Бразилия, ЮАР) обнаруживают свою явную зависимость; в лучшем положении Китай вместе с Юго-Восточной Азией, Индия и Центральная Европа [33]. Зависимость от сырьевых товаров (CDC – Commodity Dependence Country) обычно характеризуются соответствующими долями экспорта стран, учитываемым по трем обобщенным группам: энергоресурсы, сельскохозяйственная продукция, минералы и металлы. В 38 странах доминирующей товарной группой была сельскохозяйственная продукция, в 30 странах это были энергоносители, а в 31 стране – полезные ископаемые, руды и металлы. Россия вместе с ближневосточными странами, Венесуэлой и частью африканских государств попадает в группу стран, зависимых от экспорта энергоресурсов. Другая зависимость связана с экспортом сельскохозяйственной продукции: в этой позиции находятся многие страны Полупериферии, в том числе Бразилия, Аргентина. Экспорт минералов, руд и металлов выделяет Австралию (относимую обычно к странам Ядра), Чили, страны Южной и Центральной Африки.

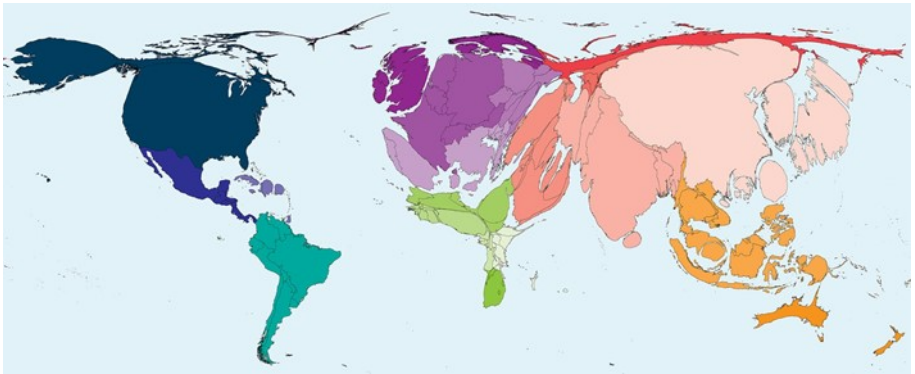


Рисунок 2 – Валовой внутренний продукт по паритету покупательной способности (purchasing power parity), использованы данные World Economic Outlook, источник: World Mapper (https://worldmapper.org/maps/gdp)/

Валовой национальный доход на душу населения – параметр, распределение которого почти абсолютно совпадает с классической картиной дифференциации Миросистемы на три зоны; можно утверждать, что это ведущий признак, поскольку различия разительны: от 28 000 $ в странах Ядра до менее 3000 $ в странах Периферии, и они объясняются не только различиями в экономике, но и в закреплённом положении на глобальном рынке со всеми последствиями такой позиции, среди которых – распоряжение основными мировыми валютами (долларом и евро) и возможность кредитования собственного населения, что отражается на покупательной способности и уровне жизни (рис. 2).

Развитие стран Ядра за последние четыре десятилетия характеризовалось значимым сдвигом в сторону сервисной экономики [9, 30]. США, Великобритания, наиболее развитые страны Евросоюза, и Австралия выделяются высокой (более 75 %) долей сервисов (финансовый сектор, IT-сервисы, медийные продукты, платная медицина, «индустрия красоты»), и это обстоятельство прекрасно иллюстрирует глобальное разделение труда, издержек и прибыли. Высокая доля сервисов в Бразилии объясняется распространёнными услугами частного бизнеса. Россия попадает в среднюю часть шкалы с неплохим результатом (58,5–63,9 %), остальные страны Полупериферии имеют показатели менее 48,7 %, причем разброс в нижнем классе очень велик (от 3 % ВВП), что означает, по сути, отсутствие услуг как таковых.

5. Экологический след Миросистемы. Важнейшее следствие функционирования Мирэкономики – экологическое неравенство как одно из проявлений территориальной несправедливости [20]. Перенос производств в страны Глобального Юга позволил бюрократии Глобального Севера знаться «зелёной повесткой», реализованной по нескольким направлениям, часть которых была конструктивной и полезной, часть, по сути, представляла собой «продолжение политики другими средствами» и позволяла сохранять контроль над характером экономики стран Полупериферии и Периферии [34]. К конструктивной части зелёной повестки можно отнести предложенные методы ландшафтного планирования, щадящего лесопользования и экореабилитации экосистем, разработанные подходы к оздоровлению городов за счёт формирования зеленой инфраструктуры, реконструкции речной сети, практики обращения с твёрдыми коммунально-бытовыми отходами.

Однако стартовавшее в странах Евросоюза начиная с1990-х гг. зелёное движение и обслуживающая его «зелёная арифметика» (определение Дж. Мура) [35] особенно активно педалировали тему изменения глобального климата вследствие промышленного производства и сжигания ископаемого топлива. Традиционные отрасли энергетики (угольная, нефтегазовая, атомная) были признаны нежелательными, в связи с чем заявлялся «глобальный» переход на возобновляемые источники (солнечные батареи, ветродвигатели, ресурсы гидроэнергетики); при этом не учитывались реальные природные и технические возможности стран Ядра и стран остального мира. Во многом первый этап глобального энергетического перехода обеспечивался поставками природного газа из стран Полупериферии и Периферии. Неравный обмен на «свободном» рынке был одним из инструментов формирования ситуации, в которой экологичные виды энергетики концентрировались в странах Ядра, а традиционные – в остальных странах. Поэтому вошедшие в использование различные показатели экологического благополучия стран, одним из которых является эмиссия диоксида углерода, во-многом отражают именно это закреплённое различие [36] (рис. 3).

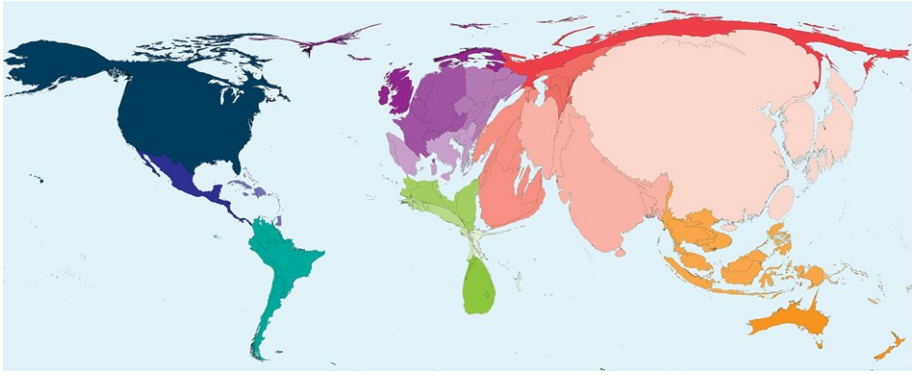


Рисунок 3 – Эмиссия диоксида углерода; источник World Mapper
(https://worldmapper.org/maps/co2-emissions-2020/)

Возникла ситуация, в которой ограничивающие и стимулирующие протоколы реализации мер по снижению воздействия на окружающую среду, являются инициативой группы стран, давно прошедших индустриализацию и извлекающих основные источники доходов из «сервисной экономики». Однако возможности других государств следовать «новым правилам» принципиально различны: так Россия, многие годы поставлявшая природный газ в страны Евросоюза, продолжающая использовать уголь и мазут на теплоэлектроцентралях собственных городов, а также получающая электроэнергию от крупных гидроэлектростанций, никогда не будет иметь «хороших показателей» в рамках принятой системы оценки «экологичности» энергетического сектора [36]. Страны Полупериферии (так же как и ряд стран Периферии) продолжают свою индустриализацию, занимаясь производством продукции и строительством практически по всему спектру. Неудивительно, что наибольший объём выбросов производится в Китае (10,668 млн тонн CO_2), за ним следуют США (4,713 млн тонн CO_2), Индия (2,442 млн тонн CO_2), Россия (1,577 млн тонн CO_2) и Япония (1,031 млн тонн CO_2). Замыкают первую десятку Иран, Германия, Саудовская Аравия, Южная Корея и Индонезия.

Но экология – это не только производство, но и потребление – обстоятельство, которое редко становится предметом обсуждения на международных экологических форумах. Экологический след, рассчитываемый путём оценки несущей способности природной среды и сравнения её с уровнями потребления и объёмами отходов, измеряется в глобальных гектарах (гга) для средней биологической продуктивности в данном году. Затем оцениваются фактические гектары земли при существующей биоёмкости, которые необходимы для производства потребленной продукции и переработки/захоронения отходов. Для достижения целей устойчивого развития потребуется средний экологический след, составляющий в настоящее время 1,63 га: интересно, что эта цифра очень близка к сумме угодий (пашня, сенокос, пастбище), необходимой для выживания одной крестьянской семьи в доиндустриальную эпоху в пределах умеренного пояса северного полушария [37]. С изменением моделей потребления и развитием населения разрыв между приемлемым и фактическим экоследом постоянно увеличивается и превышает регенеративную способность биосферы. Схема на рисунке 4 показывает, в какой степени страны злоупотребляют мировыми природными ресурсами, цветовая маркировка кратна несущей способности планеты.

Как можно убедиться, «зелёными» являются Индостан, большая часть Африки и Мадагаскара. Достаточно «скромными» потребителями выглядят РФ, Мексика и Бразилия. Большая часть стран Ядра – красные и тёмно-красные «экологические должники» – имеют показатель, превышающий рекомендованный приблизительно в 4 раза (более 6, 5 гга), иными словами, потребляют продукты/материалы/энергию, которые не могли бы быть воспроизведены и утилизованы в форме отходов в пределах их физических границ – обстоятельство, подтверждающее тезис политической и социальной экологии о том, что современный капитализм – это эксплуатация не только социума, но и биосферы, [20, 34].

Биоразнообразие – без преувеличения осевое направление идеологии энвайронментализма и порождённых ею практик «охраны природы», транслируемых со стороны стран «традиционного» Ядра – Северной Америки и Евросоюза – на весь остальной мир. Тем интереснее выглядят объективные данные (рис. 5), характеризующие исчезновение видов в глобальном масштабе. Несмотря на успехи в спасении некоторых «краснокнижных» видов, плохая новость заключается в том, что биоразнообразие сокращается. В настоящее время в Красном списке МСОП насчитывается более 105 700 видов фауны, из них более 28 000 видов находятся под угрозой исчезновения, в том числе 40 % земноводных, 34 % хвойных, 33 % кораллов, образующих рифы, 25 % млекопитающих и 14 % птиц. Большинство известных видов животных вымерло на территории Соединенных Штатов Америки, за которыми следуют Французская Полинезия, Маврикий, Австралия и Мексика. Первую десятку замыкают территории, которые принято считать туристическим раем – остров Св. Елены, Новая Зеландия, Реюньон, Сейшельские острова, Шри-Ланка и Остров Кука – но все они в разное время пережили колонизацию с попыткой европейцев наладить «эффективное плантационное хозяйство», что повлекло за собой обычные последствия: сведение естественного растительного покрова, распашку и эрозию, вымирание местных видов фауны.

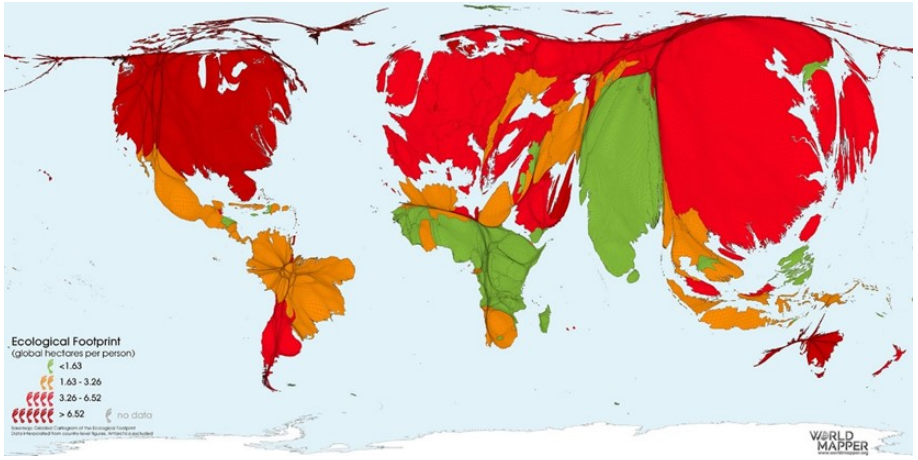


Рисунок 4 – Экологический след потребления стран мира в глобальных гектарах на 2019 г.: четыре цветовых оттенка отражают четыре градации гга на душу населения – зелёный (< 1,63), оранжевый (1,63–3,26), красный (3,26–6,52), тёмно-красный (> 6,52); источник: World Mapper (https://worldmapper.org/maps/grid-ecologicalfootprint-2019/)

Рисунок 5 – Число вымерших видов по странам: а) фауны, б) флоры; источник: World Mapper (https://worldmapper.org/wp-content/uploads/2019/07/Nature_IUCN_AnimalsExtinct, https://worldmapper.org /wp-content/uploads/2019/07/Nature_IUCN_PlantsExtinct)

Красный список регионов с наибольшим количеством вымерших видов растений возглавляет Эквадор (2000 видов растений), за ним следуют Мадагаскар, Малайзия, Танзания и Китай; замыкают топ-10 Бразилия, Камерун, Мексика, США и Индонезия.

6. Циклы Мирэкономики и кризисы Миросистемы. Кризисы сопровождали человеческую цивилизацию на всём известном и достаточно протяжённом (в несколько тысячелетий) отрезке её истории. Основоположники Миросистемного анализа уделяли особое внимание экономическим и социальным истокам кризисов, например, Фернан Бродель – один из основателей французской школы Анналов – обладал весьма широким (и глубоким) взглядом, позволившим ему продемонстрировать в ретроспективе взаимосвязь социально-экономических процессов с экологическими факторами: природные условия хозяйствования, использование (и истощение!) ресурсов вместе с болезнями и эпидемиями занимают в его повествовании значительное место [2]. Эту традицию соблюдали и другие авторы той же школы – Марк Блок [3], Жак Ле Гофф [38], а также их последователи и прежде всего – Иммануил Валлерстайн [4], что не удивительно, ибо в европейской

истории их особенно интересовал «долгий XVI век» – этап перехода от затянувшегося Средневековья и феодализма к Новому времени и капитализму… Главными действующими лицами «тотальной истории» стали не короли, кардиналы и рыцари, но крестьяне, землевладельцы, ремесленники, первые горожане, мануфактурщики и торговцы: жизнь всех этих «статусных групп» протекала в возделанном и обустроенном человеческим трудом ландшафте, который мы сегодня назвали бы «культурным» и который вовлекал часть природы в капиталистические отношения непосредственно, а часть – через сложное устроенное пространство фронтира [35].

В классической причинно-следственной схеме Миросистемного анализа экономика ставится «во главу угла» – в полном соответствии с марксизмом и его новыми (неомарксистскими) инвариантами, например, в изложении Дж. Арриги [39]. Экономике свойственны периоды подъёма и спада, неплохо отображаемые синусоидальной кривой значений основных параметров и трактуемые в современной теории как проявления «кондратьевского цикла» продолжительностью чуть более полувека [14, 40]. Валлерстайн ассоциировал фазу экономического подъёма (фаза А) с «расширением» Миросистемы, имея ввиду как раздвижение пределов вовлечённого в Мирэкономику пространства, так и активизацию всех характерных процессов обмена [1]: появление новых ведущих отраслей производства, обеспечивающих рост прибыли, (и, следовательно, накопление капитала), выход на рынок новых фирм, рост занятости и доходов населения (а значит – их покупательной способности) и общего уровня благосостояния. Рано или поздно этот период заканчивается, поскольку обозначенные процессы влекут за собой перепроизводство, усиление ценовой конкуренции, рост издержек и снижение прибыли, сокращение производства, снижение занятости, и в итоге – безработицу и падение уровня жизни большинства (фаза В).

С проблемой сохранения прибыли на фоне падения покупательной способности можно справиться, либо вынеся производство в страны Периферии, либо привлекая наёмных работников из этих же стран, поскольку и в том, и другом случае снижаются издержки на оплату труда. Для современного капитализма оба способа представлялись чрезвычайно привлекательными ещё и из-за доминирующей модели демографического воспроизводства во всех странах Ядра и большинстве стран Полупериферии. «Перевёрнутая» демографическая пирамида поколений в странах Глобального Севера обнаруживает расширенный верх в когортах пенсионеров и близких к ним возрастных групп и катастрофически узкое «основание» вступающих в жизнь новых трудящихся [13].

Однако есть и третья геоэкологическая причина кризиса: достижение пределов использования Природы в широком смысле (территорий, акваторий, ресурсов) в качестве источника прибыли, т. е., по сути, неоплачиваемых в должной мере издержек, ставшая предметом пристального внимания только в последние десятилетия [20, 26, 41]. В результате мы можем констатировать, что любая фаза Мирэкономики связана как с расширением геополитического «странового» пространства за счёт захватываемых, колонизируемых или экономически подчиняемых территорий, так и с практиками эксплуатации вновь используемых компонентов и ресурсов биосферы [35].

Сегодняшний кризис Миросистемы, повторяя отчасти паттерны предыдущих (великой депрессии 1930-х, или общего спада 1970-х гг.), обнаруживает и новые сущностные свойства, которые вынуждают многих аналитиков полагать, что выход из него не будет обычным: именно это имел ввиду И. Валлерстайн, назвавший одну из последних своих работ «Конец знакомого мира» [10]. Казалось, что перенос производства и широкая иммиграция – безотказные средства, но уже во втором десятилетии XXI века стало очевидным, что это не так. Страны Ядра оказались не в состоянии «переварить» и адаптировать – в социальном, культурном, метафизическом отношении – прибывших (и продолжающих прибывать) жителей Глобального Юга. Резервная «армия труда» понемногу заканчивается; широкие социальные и политические изменения внутри самих стран Ядра (в частности, увеличивающаяся в последние годы поляризация доходов), усугубляемые поколенческими различиями [42] и широко распространяющимися левацкими антисистемными движениями [43], трансформирует эту армию не в необходимых Мирэкономике работников, а в новые «когорты» потребителей.

7. Глобализация как «панацея» Миросистемы. В рамках неолиберальной идеологии наилучшим средством от «родовых» болезней капитализма признаётся глобализация, позволяющая (как казалось многим ещё 10–15 лет назад) решить главную проблему снижения издержек посредством запуска нескольких взаимосвязанных проектов, в результате реализации которых мы имеем сегодня не столько «мозаику стран» трёх мировых зон Ядра – Периферии – Полупериферии, сколько мощную сетевую систему с всеохватывающей паутиной трафиков энергоресурсов, сырья, комплектующих, полуфабрикатов, конечной продукции и товаров, информации, денег и платежных средств, услуг и сервисов, наконец – но не в последнюю очередь – людей как работников и как потребителей. Перечисленные потоки связывают между собой узловые элементы Глобальной Сети, в роли которых выступают мегаполисы – финансовые и политические, социальные и событийные центры Миросистемы. Феномен современной Мирэкономики обязан своему существованию именно Глобальной Сети; следовательно, в какой степени он сохранится в условиях начавшегося кризиса и нарушения Глобального Порядка – вопрос отдельный. Но так

или иначе анализ структуры, функционирования и базовых свойств глобальных сетей является сегодня не менее значимым для понимания и прогнозирования состояния Миросистемы, чем изучение дифференциации мировых зон [11, 44].

Критическая значимость Глобальных Сетей в Мирэкономике XXI в. зиждется на пяти главных обстоятельствах:

1) увеличивающийся экономический вес мегаполисов как мировых центров производства, технологии, финансов и сервисов;

2) композитный характер производства со сборкой конечного продукта на основе разнообразных комплектующих (сырья, деталей и полуфабрикатов), поставляемых из разных стран;

3) феномен беспрецедентной глобальной транспортной связанности, обеспечиваемой функционированием плотной сети авиалиний, морскими перевозками сырья и товаров, а также сложной внутрирегиональной логистикой с автоперевозками;

4) функционирование всеобъемлющей торговой сети с разветвленным ритейлом и инновационными цифровыми технологиями доставки товаров, информации и услуг потребителю;

5) возможность почти безбарьерной трансляции стиля жизни и «геокода» во всех его проявлениях (стандарты потребления, мода, ценности, убеждения) через коммуникационные сети и интернет.

Мегаполисы – узлы Глобального мира, их экономические «центры тяжести», транспортные хабы и информационно-событийные средоточия. Нынешняя Миросистема – это пространство урбанизации: уже в 2016 г. более половины населения земного шара проживало в городах и ожидается, что к 2050 г. эта доля увеличится до 66 % за счёт стран Азии и Латинской Америки, где демографический переход не закончен и резервная база переселяющегося в города сельского населения ещё не исчерпана. Наиболее урбанизированными из стран Ядра являются США, Канада, Великобритания, Северная Европа и Скандинавия, а также Австралия, Южная Корея и Япония; к ним подтягиваются некоторые страны Полупериферии (рис. 6а).

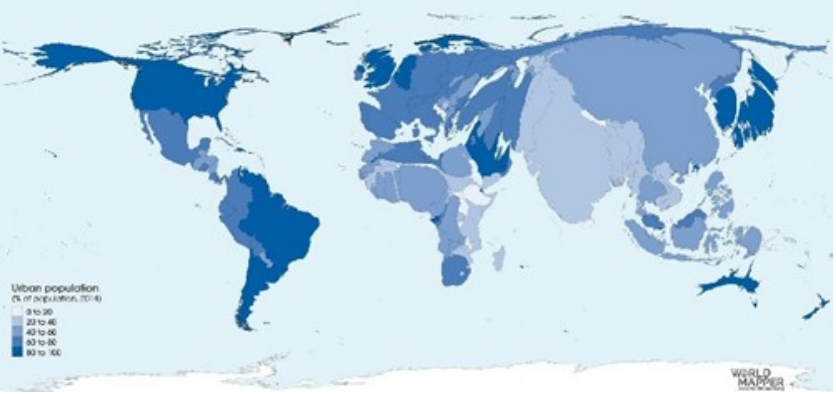


Рисунок 6 – Население мира: а) степень урбанизации – размеры показывают общее число городского населения, оттенок – урбанизированность – т. е. долю от общего населения 2018 г.)

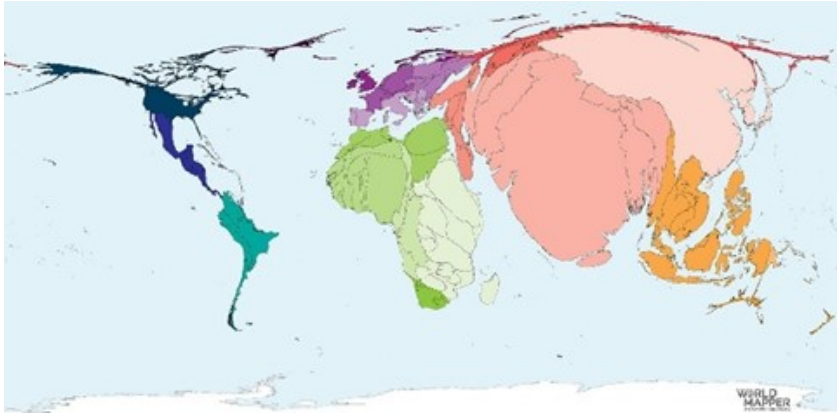


Рисунок 6 – Население мира: б) доля сельского населения, источник: World Mapper (https://worldmapper.org/?s=population)

Современные крупнейшие города делят на так называемые Large cities (5–10 млн жителей) и Mega-cities (> 10 млн); в 28 последних проживает каждый восьмой человек на планете. Характерно, что рост и тех, и других увеличивается. Почти половина из 3,9 миллиарда городских жителей проживает в относительно небольших городах с людностью менее 500 000 человек, и эти населённые пункты, притягивая к себе сельское население (рис. 6б) сами оказываются втянутыми в гигантские «воронки» мегаполисов: ползучая («crawl») урбанизация – важнейший процесс Миросистемы, при этом мегагорода сегодня расположены в основном в странах Периферии и Полупериферии [45].

Специализация мегаполисов отражает их функцию в глобальной сети и может определяться по основному источнику их прибыли [45]: мегаполисы денег или финансовые центры (Нью-Йорк, Париж, Лондон), мегаполисы IT или центры информационных технологий (Нью-Йорк, Сан-Хосе, Сеул), мегаполисы потребления (Лондон, Париж, Токио). «Притяжение городов» работает в двух направлениях: во-первых, «выкачивая» ещё сохраняющуюся долю сельского населения, во-вторых, формируя потоки «маятниковой миграции» из одного мегаполиса в другой: первая модель формирует так называемые «региональные города» или «мегарегионы», т. е. зоны влияния города, распространяющиеся далеко за пределы их легитимных границ, вторая – закрепляет за крупнейшими городами роль узлов глобальной сети.

Мировую торговлю называют «лицом глобализации», но черты этого «лица» заметно изменились за последние 15–20 лет: продолжавшееся всё послевоенное время доминирование Соединенных Штатов уходит в прошлое. Уже в первом десятилетии Китай начал формировать собственный мегакластер со сложной древовидной системой торговых партнёров-сателлитов, в то время как кластеры США и Европы становились всё более моноцентричными [14]. Сегодня Китай считается основным торговым партнёром для 124 стран (США – только для 54). Изменились и объёмы торговли, составляющие для пары Евросоюз и Китай 400 миллиардов долларов, а для пары Евросоюз и Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН) – 200 млрд. Кроме того, ЕС ведёт торговлю с Японией (150 млрд) и Индией (100 млрд). Дальнейший поворот Европы в сторону Азии ожидается за счёт новых соглашений о свободной торговле и мегапроекта «Один Пояс Один Путь», инициированного Китаем [44].

Сложность (complexity) Мирэкономики – параметр глобализации, который может быть выражен через граф сети, изображающий направление и разнообразие поставляемого сырья и комплектующих, и одновременно – треки поставки. Итоговый показатель сложности складывается из двух «встречных» параметров: разнообразия – количества продуктов, к которым «подключена» та или иная страна (Diversity k), и распространённости поставок – количества стран, в которых продаётся тот или иной продукт (Ubiquity k); чем выше показатель сложности экономики, тем, с одной стороны, больше устойчивость экономики, с другой – выше её зависимость от связанности Глобальной Сети.

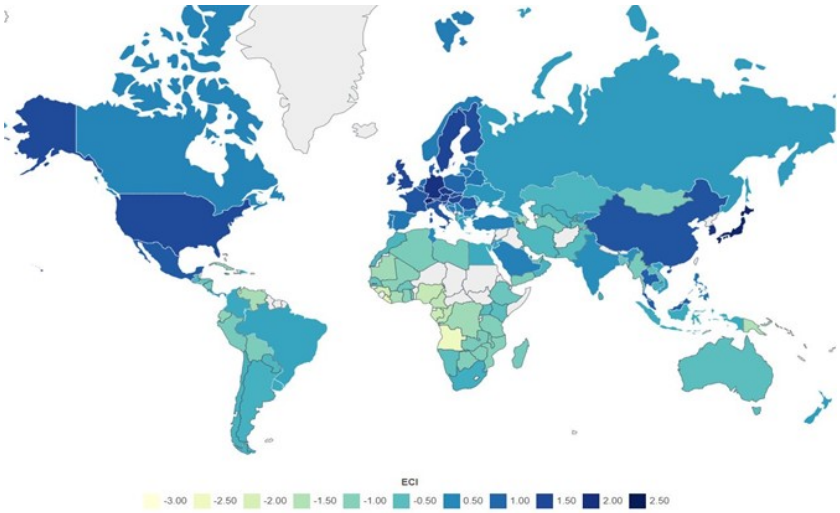


Рисунок 7 – Индекс экономической сложности (Economic Complexity Index (ECI); источник данных: Complexity rankings, The Observatory of Economic Complexity

Связанность Мирэкономики – пожалуй, самое главное свойство глобализации. Теоретик связности П. Ханна, автор книги с говорящим названием «Connectivity» [11], поддерживая концепцию Антропоцена [46], иллюстрирует связность в виде модели оверлея растров застроенных зон мегаполисов, ареалов ночной освещённости в сочетании с трассами подземных подводных кабелей, паутиной авиалиний и морских путей.

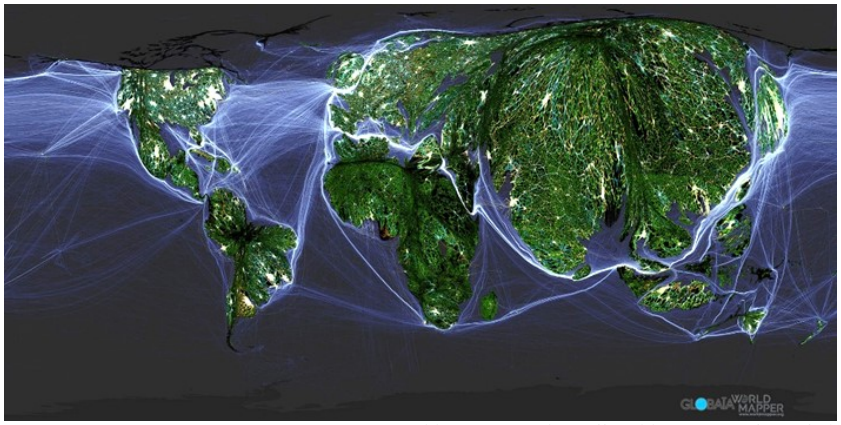


Рисунок 8 – Мир Антропоцена; источник: World Mapper (https://worldmapper.org/maps/grid-anthropoceneworlds-2016/)

Венгерский географ Н. Чизмадия расширил понятие связности до феномена «геослияния» (Geofusion), под которым он понимает соединение континентов, регионов, городов и сообществ с преодолением любых расстояний, обеспечением эффекта немедленного присутствия и возможности взаимодействовать для всех вовлечённых акторов. В двух последовательно изданных монографиях Чизмадия предпринял попытку показать, как именно геослияние меняет географию мира: формируя новые «кластеры» в узлах и образуя силовые геополитические линии. Одновременно высказывается надежда на появление целого спектра междисциплинарных наук со «сложными сетями отношений» и многообещающим потенциалом прорывных решений глобальных экологических проблем [25, 44].

Глобальный Порядок (Global Order) – согласно идеологии неолиберализма – неотъемлемая часть и условие сохранения глобализации, то, на чём держится современная цивилизация. Порядок установлен и сохраняется Гегемоном при посредстве других стран Ядра и военного блока НАТО. Существует и широко распространяется мнение, подробно аргументированное в монографии П. Зейена «The End of the World Is Just the Beginning: Mapping the Collapse of Globalization» [13], что этот Порядок – альтруистический вклад США в Миросистему, тяжкое бремя, которое только отягощает экономику страны. США могут в ближайшее время убрать свой «спасительный зонтик», и тогда Миросистема погрязнет в хаосе пиратства на торговых путях и региональных войн этнического и ресурсного характера.

8. Факторы кризиса и деглобализации. Кризис Миросистемы предсказывался (и весьма убедительно) многими теоретиками ещё на исходе прошлого «длинного XX в.» (выражение Дж. Аггири) [39]. Несмотря на расхождения в оценке причин, скорости перемен и возможных сценариев, сам по себе кризис уже ни у кого не вызывает сомнения – во всяком случае с момента «финансовой турбулентности» 2008 г. Роковое отличие современного кризиса Миросистемы – невозможность продолжения эксплуатации биосферы прежними методами: процессы, запущенные капитализмом приблизительно пять столетий назад, привели к состоянию, требующему серьёзных изменений Мирэкономики и постановки новых целей, каковые были сформулированы в рамках неолиберальной идеологии свободного рынка в виде парадигмы «устойчивого развития. Между тем в свете событий последних лет сам термин «устойчивое развитие» выглядит неудобоваримо, даже и в объясняющей формулировке «приемлемого развития», ибо и в таком варианте сразу же возникают вопрос «приемлемого для кого»: для стран Глобального Севера или для остального населения планеты? Парадигма устойчивого развития привела к разработке методологии экологического менеджмента, в центре которой углеродные рынки с их квотами, и «зелёная арифметика» экосистемных услуг, назначающая цену ландшафтам и экосистемам, их компонентам и свойствам. Но все большее число специалистов и аналитиков ощущают и прямо признают бесперспективность предложенных подходов [20, 41, 47, 48].

Флуктуации глобального климата происходили в относительно недавнем прошлом (так называемый «малый ледниковый период» XVI–XVII вв.) и будут, вероятно, происходить в будущем, в этом смысле изменение режима тепла и влажности на планете не столько «триггер», сколько общий фон, который, безусловно, осложнит существование Миросистемы за счёт сокращения зон гарантированного земледелия, подъёма уровня океана и связанного с этим ухудшения режима прибрежных зон, учащения экстремальных явлений природы с их разрушительными последствиями для любой инфраструктуры. Однако реальные причины наступающего

кризиса кроются в экономике и геополитике, т. е. в самом устройстве Миросистемы и функционировании Мирэкономики. Выведя производство на Полупериферию и Периферию, страны Ядра оказались в новом для себя положении. Сервисы важны, но не они определяют материальные основы выживания домохозяйств и социума. ВВП стран Большой семёрки G7 составляет только лишь 27 % от общемирового, тогда как у стран БРИКС этот показатель равен 33 % [49], обстоятельство, вызывающее радикальную трансформацию географии реальной экономики, а вместе с этим – изменение географии востребованности сырья, энергоносителей и сопутствующих материалов-полуфабрикатов, что, в свою очередь, меняет конфигурацию глобальных сетей. Наконец, изменение географии Мирэкономики неизбежно повлечёт за собой борьбу за ресурсы, которые всегда ограничены.

Вторая серьёзная причина – отсутствие демографической базы работников будущего в большинстве стран Миросистемы, особенно в странах Ядра и Полупериферии, большая часть которых могут быть отнесены сегодня к «быстростареющим», поскольку для них характерна опрокинутая демографическая пирамида, в «узком» основании которой недостаточные по численности когорты будущих работников, способных обеспечить пенсии и спокойную старость старшим поколениям. Кроме того, сегодня в продуктивном (детородном) возрасте находится поколение «миллениалов» (Y), родившихся во время экономического спада, взрослевших в период кризиса и столкнувшихся с пандемией: и это поколение, представители которого не стремятся вступать в брак и заводить детей [13] и не рассматривают работу в качестве обязательного условия жизни и реализации персональной «линии судьбы» [43]. Таким образом, страны Ядра останутся зависимыми от притока иммигрантов, пополняющих резервную армию труда, но такой приток с неизбежностью вызовет (и уже вызвал) «столкновение цивилизаций» и несовместимость геокультур.

Наконец третий фактор нынешнего кризиса – беспрецедентно высокая закредитованность многих государств Ядра и Полупериферии в объеме, достигающем 6–8 ВВП, гигантские внешние долги и «жизнь не по средствам» многих социальных слоев; в списке стран лидеров по объемам частных кредитов Греция, ФРГ, Великобритания, Венгрия, Сингапур, Австралия, Колумбия, Индонезия, Бразилия, Саудовская Аравия, Индия, Турция, Китай, США [9].

9. Миросистема и сценарии деглобализации. История как научная дисциплина сыграла решающую роль в становлении теории Миросистемы, именно благодаря кропотливому труду «тотальных историков» мы сегодня знаем, как ломались старые Мирэкономики и возникали новые [2–4, 7]. В этом смысле, возможно, самым показательным для нас является позднее Средневековье, когда масштаб назревших внутренних перемен буквально во всех аспектах существования Миросистемы и функционирования Мирэкономики был соизмерим с современностью; неслучайно наступающая эпоха поименована популярным экономистом (и бывшим министром финансов Греции) Янисом Варуфакисом как «технофеодализм» (technofeudalism) [50]. «Долгий XVI век» на переходе к Новому времени, уложившийся в отрезок с 1490-х до приблизительно середины XVII в., ознаменовался радикальными переменами мироустройства, трансформацией экономических укладов и чередой продолжительных войн «всех со всеми». Заслуга Миросистемного анализа в обнаружении исторической закономерности в нагромождении и хаосе событий; итак – как выглядит классическая схема?

Страны Ядра осуществляют агрессивную политику, оспаривая друг у друга роль Гегемона и усиливая давление на страны Периферии и Полупериферии, что проявляется в череде экономических интервенций, подготовленных предварительными военными вторжениями. Это борьба за рынки и за все виды ресурсов, а поскольку ресурсы почти всегда привязаны к странам и территориям – это борьба за влияние и экономическое подчинение посредством установления разнообразных форм политической и экономической зависимости в странах Периферии и Полупериферии. Соответственно, странам Периферии уготовлена роль нового Фронтира в отношении ресурсов, причём не только природных (которые будут хищнически использоваться), но и людских, каковые будут эксплуатироваться в качестве дешёвой (как на нынешних фабриках) рабочей силы. Особому риску – неоднократно проявлявшемуся соблазну «сползания в МирИмперию» (выражение И. Валлерстайна) – подвергаются и страны Полупериферии, пытающиеся проводить собственную экспансионистскую политику, которая в лучшем случае выводит их на роль регионального лидера, в худшем – отбрасывает на Периферию новой Миросистемы. Как заметил Валлерстайн в одной из своих работ [10], «Миросистема не отказалась от попыток действовать по-старому, по-привычному. Она пытается. Но в этом случае долговременные тренды всё ближе приближаются к своим асимптотам, что только обостряет кризис» – это относится ко всем участникам на уровне стран, неважно относятся ли они к благополучному (пока ещё) Ядру или Полупериферии.

Деглобализация – это разделение Миросистемы на автономные макрорегионы с собственными внутренними «центрами силы»; сценарии подобного распада прогнозировались начиная с последних десятилетий XX в., т. е. с того времени, когда призрак грядущего кризиса ощущался

ещё немногими. Классиком в западной науке принято считать Самуэля Хантингтона с его историко-философским эссе «Столкновение цивилизаций и преобразование мирового порядка» [51]. Под «преобразованием» Хантингтон понимал «смещающийся баланс цивилизаций»: дифференциацию мира на основе этнокультурной, религиозной и идеологической общности, т. е. по тому интегральному признаку, который в теории Миросистем определяется как «геокод» [1]. В итоге мы имеем 9 цивилизаций: *западная культура* (ЕС, Великобритания и Австралия, США и Канада), *латиноамериканская* (страны Южной и Центральной Америки, Карибский бассейн), *Китайская, Индийская и Японская цивилизации*, *православная* (Россия и часть республик бывшего СССР), *исламская цивилизация* (охватывающая Северную Африку, Аравийский полуостров, арабские страны «среднего востока», Иран и Турцию, Индонезию и Филиппины), *буддийская цивилизация* Юго-Восточной Азии и *африканская цивилизация* Центральной и Южной Африки.

Позже последовали схемы, основанные на иных принципах. Так, китайский исследователь Вэй Руан считает критически значимым принадлежность стран к «естественным геоединицам», полагая, что общее географическое положение является конкурентным преимуществом, поскольку делает союз различных стран более рентабельным и эффективным за счёт значительного ускорения обмена персоналом, информацией, технологиями, капиталом и услугами; в итоге страны оказываются связанными между собой общей судьбой («юаньфэнь») и образуют единую геоцивилизацию [52].

С. Б. Коэн в своей книге «Геополитика: география международных отношений», опубликованной в 2009 г. и переработанной в 2015 г. [53], описал пространственную организацию геополитических структур в виде иерархии трёх пространственных уровней: 1) геостратегических областей макроуровня, 2) геополитических регионов мезоуровня и 3) национальных государств микроуровня и включённых в их границы этносов. Структура геостратегических областей макроуровня определяется «моделями обращения», которые связывают людей, товары и идеи вместе. Формирующиеся таким образом «сферы» (макрорегионы) способны эффективно контролировать стратегически важные сухопутные и морские пути и обладают функциями, оказывающими глобальное влияние на мировые события. Коэн определяет пять геостратегических макрорегионов начала XXI века:

1) морское силовое поле, включающее американский континент, государства – члены ЕС (Западная и Центральная Европа), Японию;
2) силовое поле, включающее Австралию и Новую Зеландию;
3) Евразийское континентальное силовое поле, в котором доминирует Россия;
4) силовое поле Восточной Азии с доминированием Китая;
5) силовое поле Индийского океана во главе с Индией.

Внутри геостратегических сфер есть геополитические регионы, причём некоторые из них находятся между геостратегическими силовыми полями: это пояса разрушения, зоны сжатия, зоны конвергенции без определённого статуса, а также «врата», соединяющие геополитические силовые поля [53]. В интерпретации Коэна эти ареалы высокого риска, возможные очаги конфликтов и будущих войн.

Венгерский географ А. Бернек, считает, что новый мировой порядок будет основываться на геополитических отношениях между многополярным Островом Мира (континенты Европы, Азии, Африки) с Китаем в центре, с одной стороны, и американским континентом, с другой [54]. Бернек выделяет 12 геополитических зон, укладывающихся в «силовые поля», и предлагает разные варианты их «сборки» в более крупные геополитические конгломераты глобального («Чимерика» и «Евруссия») и континентального уровня: например, для Евразии это: *Центральная Евразия* (Центральная и Восточная Европа, Южный Кавказ и силовое поле Центральной Азии – Хартленд XXI века), *Западная Евразия* (Средняя и Западная Европа), *Российская Евразия* (Россия и сопредельные страны СНГ).

Однако нынешний кризис и вызванная им деглобализация могут привести не только к автономизации (чем по сути и является «многополярный мир»), но к децивилизации, т. е. к утрате высоких технологий и сложных производств, разрушению критически важных коммуникационных связей, упадку науки и культуры, схлопыванию социально-экономических «ниш», войнам «всех против всех» и доминированию примитивных «крысиных» (по В. А. Красилову [15]) моделей поведения в социальных системах. Западные футурологи (см., например, [13]) полагают, что цепь событий в этом сценарии децивилизации может складываться из следующих звеньев: утрата гегемонии Ядра – распад глобального порядка – нарушение глобальной связности – остановка транзита энергоресурсов, продуктов и комплектующих – недоступность сырьевых ареалов – развал сложных производственных процессов – товарный дефицит – дефицит энергообеспечения стран-импортёров – нехватка пресной воды – голод и эпидемии. Энергетический и минерально-сырьевой «голод», а также сжатие

зон надёжного земледелия и выращивания основных продуктов питания на фоне трансформации глобального климата – серьёзные экологические факторы децивилизации. Поскольку продуктово-независимые страны будут находиться в меньшинстве, постольку Миросистема может разделиться на несколько макрорегионов, в каждом из которых будет только один поставщик удобрений и готовой сельскохозяйственной продукции.

10. Антропоцен: экомодернизм и дерост. «Антропоцен» – наименование современной геологической эпохи, в рамках которой трансформация биосферы находится под всё возрастающим воздействием человека, и одновременно – центральное понятие современного экомодернизма или «зелёного роста» [55, 46]. В этом качестве Антропоцен последние десятилетия выступает как поле борьбы между сторонниками «пределов роста» («мальтузианскими пессимистами») и глобальными экономистами-неолибералами («прометеевскими оптимистами»), свято уверовавшими в спасительные перспективы «свободного рынка» и убеждающими мир в справедливости экополитики, навязываемой глобальным Севером глобальному Югу [20].

В 2015 г. «Институт Прорыва» (Breakthrough Institute) Центра экологических исследований в Беркли, (Калифорния) опубликовал документ под названием «An Ecomodernism Manifesto» («Манифест экомодернизма») [56]. В основе Манифеста – провозглашение идеи достижимости «хорошего Антропоцена», в рамках которого человечество может использовать свои растущие социальные, экономические и технологические возможности, чтобы улучшить жизнь людей, стабилизировать климат и защитить мир Природы. Основной посыл экомодернистов скорее философский, чем научный, и заключается в призыве признать «прометеевский» подход к решению экологических проблем единственно эффективным: каждая задача получает своё техническое решение, «как бы» освобождающее нас от взаимодействия с Природой, а Природу – от последствий нашего нерадивого в ней присутствия и хозяйствования. Международная экономическая организация развитых стран OECD (Организация экономического сотрудничества и развития) определяет «зелёный рост» как стимулирование экономического развития при одновременном сохранении потенциала «природных активов», обеспечивающих экологические услуги, от которых зависит благополучие человечества, и утверждает, что этого можно достичь с помощью «инвестиций и инноваций». Таким образом, «зелёный рост» означает использование рыночных стимулов для инвестирования в природу и защиту окружающей среды. При внешней «технической инновационности» предлагаемых подходов и благости заявленных целей многое в экомодернизме вызывает сомнения. Так, тезис о том, что технология всегда укажет нам путь для преодоления «пределов роста», лежащий в основе Манифеста не нов, как не нов и ответ на него: вспомним широко растиражированную в советских изданиях цитату Ф. Энгельса о наших «победах над природой»…

Экомодернисты свято верят, что фаза экономического роста (фаза «А» кондратьевского цикла) может быть достигнута без эксплуатации очередного ресурса (или свойства) Природы и его истощения; между тем история «долгого XX века» свидетельствует, что попытки отсоединить рост ВВП от ухудшения состояния окружающей среды почти всегда проваливались. Экомодернисты неявно, но вполне ощутимо полагают глобальный Юг простым недоразвитием, выказывая пренебрежения к любым доиндустриальным формам ведения сельского хозяйства. Экомодернизм рассматривает инновации как способ уйти от политики, бездоказательно смешивая социальный прогресс и технологический прогресс и игнорируя таким образом главный урок, который мы получили от модернизма: технический прогресс опасен без социального прогресса, и последний не происходит сам по себе. Дж. Мур полагает такое упущение закономерным, потому что экомодернизм – это «старый добрый неолиберализм, только со свежей зелёной краской» [35].

Концепция «Degrowth» (Дероста) появилась, по крайней мере, частично, в результате неудовлетворённости построениями экомодернистов, и заключается в призыве к смене целей: вместо экономического роста – устойчивость и благосостояние. Концепция Дероста исходит из того, что человечество уже «перешло» пять из девяти «планетарных границ»: глобальное потепление (1), пластиковое и химическое загрязнение (2), утрата естественных экосистем (3), потеря среды обитания (4) и загрязнение азотом и фосфором (5); под риском остаются закисление океана (6), чистая пресная вода (7), спектр землепользования (8) и утоньшение озонового слоя (9).

Программа Degrowth, опубликованная в журнале Nature в 2022 г. [56], включает ряд позиций, находящих отклик не только у экологов, но и у теоретиков современных левых движений [43], и в том числе:

– списание долгов для стран Периферии;
– гарантия предоставления рабочих мест и сокращение рабочего времени;
– сокращение общего рабочего времени за счёт введения четырехдневной рабочей недели и/или снижения пенсионного возраста;
– ограничение производства предметов роскоши и прекращение намеренного выпуска вещей с сокращённым сроком службы;

– обеспечение всеобщего доступа к предметам первой необходимости и услугам, таким как здравоохранение, здоровое питание и жильё, транспорт и интернет;

– изменение целей корпоративного управления компаниями в направлении максимизации краткосрочной прибыли акционеров на учёт социальных и экологических последствий.

Сторонники Дероста также указывают на невысокую в целом эффективность замены традиционных энергоносителей «зелёными» технологиями: за первые два десятилетия XXI века увеличение мощностей по использованию возобновляемых источников энергии покрывало лишь 16 процентов нового спроса на энергию. «Дерост» подчеркивает и сохраняющуюся территориальную несправедливость: на страны глобального Севера приходится 92 % выбросов парниковых газов, нарушающих планетарные границы, а на богатые экономики приходится 74 % нерационального использования ресурсов. Некоторые из стран с высоким ВВП – например, США – имеют довольно низкие оценки в глобальном исследовании благосостояния агентством Gallup по сравнению со странами со значительно более скромной экономикой. Поэтому Джейсон Хинкель, автор монографии «Less is more: How Degrowth Will Save the World» (Меньше это лучше: как Дерост спасет Мир) [57], адресует снижение темпов роста в качестве «требования к глобальному Северу».

11. Капиталоцен и Мирэкология. Научная альтернативная Антропоцену – это так называемый Капиталоцен (Capitalocene), концепция, разработанная американским социологом Джейсоном Муром, доказывающим, что главный признак нашей эпохи – это продолжающееся накопление капитала любыми средствами и прежде всего – снижением издержек за счёт ещё большей эксплуатации Природы [58]. Капитализм всегда (исторически) пытался и в настоящее время пытается повысить прибыли за счёт подразделения затрат на «внутренние» (которые оплачиваются компаниями) и «внешние», которых производитель «как бы» не замечает в силу их «неявности».

Будучи экомарксистом (одно из течений неомарксизма), Мур предлагает внимательнее читать классиков и переосмыслить Миросистему, «помещая Экономику внутрь Экологии» [34, с. 9]. Дж. Мур, как и многие другие исследователи «экологии капитализма» – Бруно Латур [59], Донна Харауэй [48], Питер Ватсон [60], – ещё раз настаивает на роковой ошибочности разделения реальности на Общество и Природу, доказывая, что одним из следствий подобного дуализма как раз и являются современные практики обращения с «окружающей средой» и обосновывающие их научные концепты энвайронментализма и экомодернизма. Помещённый внутри социума Человек взаимодействует с внешней пассивной Природой, «немного неправильно» её используя; следовательно, надо скорректировать использование (т. е. предложить новые технологии), и все экологические проблемы (т. е. проблемы «окружающей среды») будут постепенно решены.

Для российской научной традиции ошибочность такого представления была очевидна давно: «включённость» Человека в Природу и Природы в Человека подчеркивали едва ли не все крупные представители российского естествознания и философии: В. И. Вернадский, Д. С. Лихачев, Л. Н. Гумилев, В. А. Красилов, Э. С. Кульпин и др. Мур реабилитирует эту истину, проецируя её на современный нам капитализм и глобальный мир, т. е. на Мирэкономику и Миросистему. На самом деле, если поместить Миросистему в Природу, мы обнаружим сложнейшее переплетение компонентов, факторов и потоков, каковые существовали на всём протяжении человеческой истории, и связи, между которыми с течением времени только усложнялось. Человек «вышел» из Природы, и его дальнейшая социализация даже в таких крайних формах, как современный урбанизм, не позволяет нам считать Мирэкономику выключенной из системы общепланетарного метаболизма, которую Мур назвал Паутиной Жизни (Web of life) [34], заимствуя это выражение у Ф. Капры [61], полагавшего, что разные аспекты нынешнего кризиса объединяются прежде всего «кризисом восприятия». Наше восприятие реальности и структуры знаний современности воспроизводят наши заблуждения относительно того, как ощущать и объяснять проблемы окружающей среды, территориального неравенства и бедности.

Понятия Природы и Общества в их разделенных смыслах Мур полагает чисто идеологическими конструкциями, причём способ разделения всегда отражал характер эпохи: так, анализируя историю колониализма, он демонстрирует, что люди в колониях также считались частью «дикой» неосвоенной Природы, следовательно, их использование могло рассматриваться (и рассматривалось) как составная часть «освоения» новых земель и новых ресурсов. Только вернув Человека и Общество в Природу, мы можем увидеть, как «Природа меняет Общество, которое затем меняет Природу, которая затем меняет Общество и так далее» [32, с. 13]. Следовательно, Природа не просто существовала, она активно создавалась посредством новых комбинаций собственности и власти, практик природопользования и хозяйствования, мировых рынков и неравного обмена, организуемых странами Ядра в качестве базиса Мирэкономики.

Мур показывает, что капитализм всегда разделял издержки на внутренние (которые так или иначе получали денежное выражение) и внешние, которые никогда не оплачивались, в этом

смысле экономика не более чем способ определить, какая часть Природы имеет денежную стоимость, а какая – нет. Сторонники методики расчёта экосервисных услуг могут возразить, что мы, наконец, научились считать природный капитал и оценивать экосистемные услуги. Однако насколько полно и в какой степени методика оценки экосервисов отражает реальные процессы капиталистической действительности? Несмотря на отдельные активно рекламируемые примеры экореабилитации экосистем, в целом методики оценки так и остаются методиками. Во-первых, мы по-прежнему не обладаем настолько совершенным знанием о Природе, чтобы отобразить и «оценить» всю систему сложных прямых и обратных связей между компонентами и элементами ландшафтов. Во-вторых, зачастую утраченные экоуслуги невозможно компенсировать в принципе (например, утраченное природное плодородие почв). В-третьих, как прекрасно демонстрирует Мур, любая оценка исторична, ибо в разные эпохи мы эксплуатируем разные компоненты и ресурсы Природы, вмешиваемся в разные «функции». Ну и в-четвёртых, сама сущность капитализма построена на заведомом недоучёте частей, компонентов и связей биосферы, вновь вовлекаемых в эксплуатацию. Поэтому весь научный аппарат экосистемных услуг Мур называет «абсурдным дискурсом», полагая, что это не более чем «способ подачи живой природы на стол капитализма, изобретённый апологетами зелёной арифметики» [32, 35].

Экологическая история капитализма – постоянное наступление на метафорический Фронтир, который может быть пространственным (вырубили леса в одном месте – переместились в другое) или функциональным (на месте полей с истощённой почвой построили коттеджный поселок) или и тем, и другим одновременно (когда оливковые террасы традиционного ландшафта заменяются огромными полями агрохолдинга, выращивающего киви для производства лимонада). Капитализм постоянно ищет и находит пространство, где возможно получить кусочек «дешёвой природы» (cheap nature), который он сначала обращает в прибыль; затем (когда бесплатное использование перестаёт быть возможным) навешивает на них заниженную цену, и, когда, в конце концов, приходится платить по реальным счетам, выискивает новый легкодоступный «метаболический излишек» [47]. В этом смысле развитие технологий – это не только и не столько прогресс, сколько растущее разнообразие способов использования «дешёвой природы», одна из «лицензий», выданных капитализму в дополнение к лицензии на власть и империализм. При этом неважно в чём заключается инновация – в изобретении мензулы для съёмки и нанесения на карту новых земель или в открытии технологии гидроразрыва пласта при добыче сланцевого газа: прогресс всегда происходит в определённой политической обстановке и обслуживает интересы власти. Мур особо подчеркивает системность процесса присвоения, используя выражение «присвоение труда женщин, природы и колоний» как пример разных феноменов, подвергавшихся тем не менее одинаковой переработке капитализмом – постоянному и упорядоченному присвоению жизненной активности человека, физических компонентов или свойств экосистем бесплатно либо по неадекватно низкой цене [35].

Капитализм невозможно понимать как закрытую систему; бесконечное накопление капитала – это историческая интернализация Природы. Капитализм определяется движением границ – рубежей, за которыми находятся новые ресурсы и возможности их присвоения. Все подобные сюжеты хорошо прослежены в рамках новой дисциплины – исторической (социальной) экологии [21, 22], хотя мы обнаружим их и в четырёхтомнике Валлерстайна (пусть и без употребления экологической терминологии), где описывается, как страны Периферии (Балтика, Польша, Россия) регулярно выступали в качестве фронтира, предоставляя зерно, древесину, поташ, коноплю, ворвань, меха и т. д., обеспечивая тем самым возможность развития капиталистических отношений в экономике стран формировавшегося Ядра (Нидерландах, Англии), и этот неравный обмен возник значительно раньше, чем принято считать в отечественной истории [4]. Фронтир не просто расширял экономическое пространство Миросистемы, но и трансформировал Мирэкономику качественно. В этом смысле Мирэкономика не только экономическая и социальная система, но и «способ организации Природы» [26], изобретённый капитализмом одновременно со способами организации Человека, поскольку, как замечает Мур, «границы культивирования сахарного тростника в Новом Свете и границы рабовладения в Африке перемещались синхронно» [34]. В основе того, как разворачивалась история капитализма с его экономическими подъёмами и спадами, лежат четыре дешёвых сущности: рабочая сила, еда, энергия и сырьё; таким образом, три из четырёх являются компонентами, свойствами и продуктами Природы. Каждая волна подъёма капитализма зависела от крупных фронтирных перемещений, с последующим присвоением и капитализацией «дешёвой природы» и, таким образом, представляла своего рода мировые «экологические революции», посредством которых были реализованы новые возможности для накопления капитала. Однако ресурсы, освоенные за очередным новым фронтиром (неважно – леса, почвы, угольные пласты или стаи дешевой сельди), неизбежно истощались, что приводило к снижению экологического излишка и увеличению стоимостной структуры капитала.

Приблизительно полвека назад «дешёвые природы» стали постепенно заканчиваться. Кризис Мирэкономики 1968 г. в значительной степени был вызван сокращением фронтира дешевой нефти [40]. В новом тысячелетии в роли последней «дешевой природы» оказалась атмосфера, которая по мере наступающего глобального потепления «обходится» всё дороже вследствие немалой совокупной стоимости предпринимаемых (прямых и косвенных) мер по ограничению техногенного воздействия и секвестированию углерода. Соответственно, большая часть прибыли капитализма в последние десятилетия имела своим источником не увеличение доходов, а сокращение расходов, в результате уменьшения размеров оплаты труда и снижения общественных благ [32, 40, 50]. Именно с этой целью были развернуты политико-экономические программы Никсона и Пиночета, а чуть позже – Рейгана и Тэтчер, решившие на несколько десятилетий вопрос удешевления рабочей силы. Так, доходы американских домохозяйств не увеличивались более с 1974 г., что выразилось, в частности, как полагает Ричард Вольф [9], в изменении модели американской семьи, поскольку с этого времени на работу массово стали выходить женщины (не только цветные, но и белые). В это же самое время капитализм сошёл с траектории создания «роботизированных производств» и свернул на путь выноса материального производства из стран Ядра с организацией этом Глобальной Фабрики Периферии – потогонной мастерской, расширившей пространство и объём четырёх «дешевизн» (трудовых ресурсов, продуктов питания, энергии и сырья) и вызвавшей радикальную трансформацию сельской местности и обнищание местного населения.

Но основная причина, по которой мы не сможем найти новые фронтиры с той же изобретательностью, что и раньше, (несмотря на технологический прогресс), заключается в том, что биосфера как общепланетарная система существует в режиме физических процессов и не имеет дело с целями бесконечного экономического роста, поэтому, находя очередное «прорывное» решение и переходя одну из «девяти границ» в новом месте, мы всякий раз нарушаем баланс установившегося планетарного метаболизма: любые предстоящие изменения не будут экологически выигрышными в долгосрочной перспективе. Так, несмотря на зелёную революцию рост производительности сельского хозяйства продолжает замедляться, изменение климата уже активно подавляет урожайность основных зерновых культур: кукурузы, пшеницы, сои и риса [31]. Неолиберальная экономика, в значительной степени построенная на производстве дешевой еды и удешевлявшая тем самым привлечение иностранного пролетариата, заканчивается.

Следовательно, близки к истине те аналитики Миросистемы (и прежде всего И. Валлерстайн), которые утверждали, что мы переживаем не просто переход от одной фазы капитализма к другой, но нечто более эпохальное: распад стратегий и отношений, которые поддерживали накопление капитала на протяжении последних пяти столетий. Нынешний кризис уже получил название «тройного кризиса»: продовольственного, энергетического и финансового, но к трём аспектам, безусловно, придётся добавить определение «экологический». В этой связи, вероятно, эпоха свободных «запусков» волн экономического подъёма закончилась: капитализму придётся меняться, направление перемен пока неясно, но риски определились, один из них – сползание к некой разновидности уже упоминавшегося «технофеодализма», который будет связан с эксплуатацией новой «дешевизны» – человеческого свободного времени и усилий, совершаемых по собственной воле вне трудовых отношений. В качестве возможностей для накопления по средствам можно ожидать глубокий сдвиг перехода от присвоения пространства к «колонизации времени» [50].

Капитализм всегда пытался увеличить скорость движения капитала, и, сократив время его оборота, Дж. Арриги утверждал, что капитализм непрерывно стремится к уничтожению пространства временем [39]. Вероятно, этот феномен имел ввиду Льюис Мамфорд, заметивший, что ключевой машиной современности являются часы, а не паровой двигатель [62]. Уничтожение пространства цифровизацией с формированием эффекта глобального присутствия «везде и нигде» – ещё один шаг на этом пути, и последствия его трудно предсказуемы [63, 64]. Вклад географической мысли, накопленный за последние полвека, может быть сформулирован следующим образом: все социальные отношения являются пространственными отношениями, поскольку реализуются через пространство и активно сопроизводят его. Мирэкономика, с одной стороны, фиксирует пространственные конфигурации (границы стран, ареалы природо- и ресурсо-пользования), с другой – приводит их в движение, при этом по мере развития капитализма периоды относительного покоя сокращаются.

Остаётся открытым вопрос, сталкиваемся ли мы с кризисом развития капитализма, который можно разрешить посредством новых раундов первоначального накопления и коммодификации, или с эпохальным кризисом, отмеченным необратимым снижением способности капитала реструктурировать Мирэкономику? Иными словами, сигнализирует ли продолжающееся сегодня закрытие фронтиров об исчерпании капиталистической стратегии «четырёх дешевизн»

с её потрясающей исторической практикой присвоения нетоварной природы как способа повышения производительности труда? Дж. Мур отмечает в этой связи, что любая экономическая система, основанная на постоянной эксплуатации «дешёвой Природы», всегда будет вести к дестабилизации планетарной экосистемы, и даже если бы мы получили источник дешёвой энергии, такой как термоядерный синтез, это на самом деле не помогло бы окружающей среде, а наоборот, означало бы смертный приговор для большей части биосферы [32].

Капитал и власть не «действуют на природу», а развиваются через «паутину жизни», реализуясь в географических пространствах одновременно: локально, регионально, в масштабе стран и их агрегаций, наконец, глобально в масштабе Миросистемы. Поэтому мы не сможем отслеживать объяснять и прогнозировать развитие реальности, иначе как добавив к разработанной классиками схеме третью опорную составляющую – Мирэкологию – как новую вне- и наддисциплинарную область, возникающую на стыке экологии, исторической географии, социологии, экономики, истории, эволюционного учения и философии. Только воспринимая прошлое и современность через «оптику» Мирэкологии, мы можем увидеть скрытые процессы совместного создания и воспроизводства капитала и власти, ландшафтов и городов, средств к существованию и материальных ценностей, идей и эмоций в матрице глобальной географии, а также на уровне стран и локальных мест. Таким образом, Мирэкология – это не экология мира (т. е. неглобальные экологические проблемы), а «структурированная история власти, капитала и природы, диалектически соединённых» [34, с. 16].

Теория Миросистемы-Мирэкономика как Общая Теория Всего слишком долго игнорировала Мирэкологию: и это одна из причин, по которой нынешний системный кризис означает деформацию, ломку и разрушение всех оснований реальности. Между тем, текущий кризис может сравниться только с кризисом античного Мира, сопровождавшимся распадом социально-политических и экономических систем на всех уровнях, когда во взаимоотношениях между государствами и народами, классами и статусными группами, а также членами отдельных сообществ возобладала (по выражению В. А. Красилова) «крысиная модель» среды, находящейся под стрессом – с нарушенной иерархией, взломанным внутренним социальным устройством, «войной всех против всех» [15]. Но у кризиса есть и другая ипостась – кризис метафизики: на закате античности это выразилось в утрате прежней веры, настоящем фиаско многобожия и соответствующей ему эллинистической этики рока и воли. На выходе кризиса, занявшего несколько столетий, человечество обрело новую метафизику единобожия и новую систему ценностей, а значит, новое мировоззрение и отношение к Природе.

Как писал в одной из своих последних книг Валлерстайн «Положительный выход в некое более светлое будущее никогда не предрешён – в истории как раз более вероятен коллапс: способов упасть всегда больше, чем способов устоять» [1, с. 33].

Заключение. Миросистемный анализ был и остаётся одним из самых достоверных способов объяснения реальной действительности, поскольку с самого начала создавался как «кроссплатформенная» (в терминологии современной науки) теория, включавшая все лучшие достижения экономической, социологической, исторической мысли.

Географичность – непосредственное свойство, присущее методологии МА и связанное с его первоначальной «оптикой», позволяющей увязывать природные, этнокультурные и страновые особенности с устройством и функционированием мировой экономики, а также – с дифференциацией глобального мира на разных масштабных уровнях.

Ретроспективный взгляд на историю человечества, осуществленный средствами МА, усилиями разных специалистов в течение «долгого двадцатого века» позволил создать целостную, достоверную и непротиворечивую картину того, как последовательные этапы развития капитализма изменяли характер так называемого «природопользования», а на самом деле – способы «включения» Природы и Человека в Мирэкономику. При этом доказано, что все восходящие фазы развития капитализма (или фазы «А» кондратьевского цикла) объясняются не только изменением социально-экономических отношений, но и обнаружением новых пространственных (ареалы, например – новые территории), структурных (компоненты, например – новые месторождения) или качественных (свойства, например – «мирный атом») окружающей среды, которые включались в деятельностное поле Мирэкономики на правах «дешёвой Природы», что обеспечивало снижение издержек, получение прибылей и аккумуляцию капитала.

Актуальность МА поддерживалась все последние десятилетия (и сохраняется в настоящее время) благодаря постоянно проводимому исследованию капитализма на его современной стадии развития. Несмотря на несомненные технические достижения первых двух десятилетий нового века, «диагноз», вынесенный капитализму в 1990-х гг., остаётся справедливым: «дешёвая Природа» во всех открытых формах и потенциальных способах её эксплуатации заканчивается. Это означает,

что активно пропагандируемые подходы глобального «экологического менеджмента» в виде «секвестирования углерода» и «зелёной арифметики» экосервисных услуг не являются спасительными средствами решения глобальных (и региональных) экологических проблем, и уже тем более – инструментами преодоления территориальной экологической несправедливости.

Изобретённая в рамках неолиберальной идеологии «свободного рынка» парадигма «устойчивого развития» и является в этом смысле проекцией геополитики на экологию, проекцией, поддерживающей и закрепляющей дифференциацию Миросистемы на политико-экономические зоны Ядра, Периферии и Полупериферии. Закрепленная этой дифференциацией география потребления делает страны Ядра (так называемого глобального Севера) ответственными за размеры и глубину «экологического следа» и нарушение критически важных для функционирования биосферы «экологических границ», однако именно в этих странах создаются (за счёт выноса «грязных» индустрий и перехода к сервисной экономике) наиболее экологически комфортные условия для существования населения.

Глобализация в значительной степени трансформировала функционирование Мирэкономики и усложнила структуру Миросистемы, превратив последнюю из относительного простого рисунка зон, отражаемого средствами традиционной картографии, в многомерную сетевую синэргетическую систему, требующую для своего объяснения сложного пространственного анализа и геоинформационного моделирования. Это обстоятельство, однако, не меняет сущностных свойств капитализма и порождённой им Мирэкономики. Можно предвидеть, что в поисках новой «дешёвой Природы» мы столкнёмся в ближайшие десятилетия с крайними выражениями скрытой эксплуатации как Природы (с большой буквы), так и природы Человека, в частности с новыми формами посягательств на свободу личности и персональное время и личное пространство.

«Тройной» кризис современности: продовольственный, демографический, финансовый в свете МА представляется прежде всего кризисом экологическим, что заставляет нас рассматривать Мирэкологию как необходимую (недостающую) часть теории Миросистемы. Только с позиций Мирэкологии (а не абстрактной «окружающей среды», придуманной экомодернизмом) можно адекватно оценить причины и прогнозировать сценарии грядущей деглобализации и разрушения старой Миросистемы.

Независимо от конкретных обстоятельств распада «однополярного мира» нам предстоит иметь дело с переформатированием Мирэкономики: разрушением и перестройкой многих экономических связей, изменением роли мегаполисов, утратой части сырьевых рынков, сокращением зоны гарантированного земледелия и формированием крупных (вероятно, на уровне субконтинентов) ареалов с характерными состояниями и набором критических экологических проблем (наличие водных ресурсов, опустынивание, подтопление прибрежных зон и др.). Поэтому формирование различных иерархий геополитических «силовых полей» «сфер влияния» и «геостратегических зон» может оказаться сугубо вторичным обстоятельством по отношению к надвигающейся на нас действительности середины XXI в., определяемой прежде всего Мирэкологией. В любом из потенциально возможных сценариев для России и стран СНГ критически важно сохранить свои экологические преимущества, что потребует не только экономического роста и действий на международной арене, но и внутреннего обустройства, серьёзного пересмотра целей развития, системы ценностей и форм социального взаимодействия.

Список литературы

1. Валлерстайн И. Миросистемный анализ: Введение: пер с англ. Москва: Территория будущего, 2006. 248 с.
2. Бродель Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV–XVIII вв. Т. 1: Структуры повседневности: возможное и невозможное: пер. с фр. Москва: Прогресс, 1986. 603 с.
3. Блок М. Феодальное общество: пер. с фр. Москва: Издательство им. Сабашниковых, 2003. 504 с.
4. Валлерстайн И. Мир-система Модерна. Том I. Капиталистическое сельское хозяйство и истоки европейского мира-экономики в XVI веке: пер с англ. Москва: Русский фонд содействия образованию и науке, 2015. 552 с.
5. Луман Н. Общество как социальная система. пер. с нем. Москва: Логос, 2004. 232 с.
6. Пребиш Р. Периферийный капитализм: есть ли ему альтернатива?: пер. с. англ. Москва: ИЛА, 1992. 337 с.
7. Frank A. G., Gills B. K. The World System Five Hundred Years Or Five Thousand. Routledge, 1996. 320 p.
8. Валлерстайн И. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире: пер. с англ. Санкт-Петербург: Университетская книга, 2001. 416 с.
9. Wolff R. D. Capitalism's Crisis Deepens: Essays on the Global Economic Meltdown. Chicago: Haymarket Books, 2016. 346 p.
10. Валлерстайн И. Конец знакомого мира: Социология XXI века: пер с англ. Москва: Логос, 2003. 368 с.
11. Khanna P. Connectography: Mapping the Future of Global Civilization. New York: Random House Publishing Group, 2016. 496 p.

12. Taleb N. N. The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable. New York: Random House, 2007. 480 p.
13. Zeihan P. The End of the World Is Just the Beginning: Mapping the Collapse of Globalization. New York: Harper Business, 2022. 512 p.
14. Гринин Л. Е., Коротаев А. В. Социальная макроэволюция. Генезис и трансформации Мир-Системы. Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 568 с.
15. Красилов В. А. Метаэкология. Москва: ПИН РАН, 1997. 208 с.
16. Шпенглер О. Закат Европы. Очерки морфологии мировой истории. 2. Всемирно-исторические перспективы: пер. с нем. Москва: Мысль, 1998. 606 с.
17. Горелов А. А., Горелова Т. А. Закат Европы» О. Шпенглера и возможность заката мира // Философия и современность. 2016. № 1. С. 29–43.
18. Тойнби А. Дж. Цивилизация перед судом истории. Москва; Санкт-Петербург: Прогресс-Культура; Ювента, 1996. 480 с.
19. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли» / под ред. доктора геогр. наук. профессора В. С. Жекулина. Ленинград: ЛГУ, 1989. 496 с.
20. White D. F., Rudy A. P., Garea B. J. Environments, natures and social theory: towards a critical hybridity. New York: Palgrave Macmillan, 2016. 251 p.
21. Meyer W. J., Crumley C. L. Historical Ecology: Using What Works to Cross the Divide. Atlantic Europe in the First Millennium BC: Crossing the Divide / T. Moore, L. Armada (eds.). Oxford: Oxford University Press, 2011. P. 109–134.
22. Historical Ecology. Learning from the Past to Understand the Present and Forecast the Future of Ecosystems / ed. by Guillaume Decocq. ISTE and Wiley & Sons, Inc, 2022. 304 p.
23. Кульпин Э. С. Социоестественная история – ответ на вызовы времени // Историческая психология и социология истории. 2008. № 1 (1). С. 196–207.
24. Frank A. G. The Underdevelopment of Development / ed. by S. C. Chew, R. A. Denemark. L.: SAGE Publications, 1996. 427 p.
25. Csizmadia N. Geofusion: mapping of the 21st century. New Jersey: World scientific, 2020. 432 p.
26. Moore There is No Such Thing as a Technological Accident / ed. J. Brower, S. van Tuinen. Lden: V-2 Publishing, 2023. 21 p.
27. Sustainable Management of Luxury / ed. M. A. Gardetti. Singapore: Springer Nature Pte Ltd., 2017. 510 p.
28. Gräbner Cl., Hafele J. The emergence of coreperiphery structures in the European Union: A complexity perspective // ZOE Discussion Papers. 2020. № 6. 19 p.
29. Hryniewicz J. Core-periphery: An Old Theory in New Times // European Political Science. 2014. № 13. 16 p.
30. Hall P. A. Varieties of capitalism in light of the euro crisis // Journal of European Public Policy. 2018. № 25 (1). P. 7–30. DOI: https://doi.org/10.1080/13501763.2017.1310278.
31. McMichael Ph. Updating Karl Polanyi's 'Double Movement' for Critical Agrarian Studies // The Journal of Peasant Studies. 2023. № 50 (3). P. 1–22. DOI: 10.1080/03066150.2023.2219978.
32. Moore J. W. Power, Profit, and Prometheanism, Part II Superexploitation in the Web of Life // Journal of World-Systems Research. 2023. Vol. 29, issue 2. P. 558–582. DOI: 10.5195/jwsr.2023.1225.
33. Prakash A. Next Geopolitics: The Future of World Affairs (Technology). 2018. Vol. 2. 320 p.
34. Moore J. W. Capitalism in the Web of Life: Ecology and the Accumulation of Capital London. New York: Verso, 2015. 317 p.
35. Moore J. W. Anthropocene, Capitalocene and the Flight from History: Dialectical Universalism & the Geographies of Class Power in World-Ecological Perspective, 1492–2021 // Nordia. 2022. № 51 (2). P. 1–24. DOI: 10.30671/nordia.116148.
36. Россия в глобальном экологическом пространстве // Ежегодник Русского географического общества / под ред. Н. С. Касимова, Н. Н. Алексеевой. Москва: Эксмо, 2018. 320 с.
37. Осипов В. В. Гаврилова Н. К. Аграрное освоение и динамика лесистости Нечерноземной зоны РСФСР. Москва: Наука, 1983. 108 с.
38. Ле Гофф Ж. Цивилизация средневекового запада: пер. с фр. Москва: Альма-Матер, 2023. 400 с.
39. Арриги Дж. Долгий двадцатый век. Деньги, власть и истоки нашего времени: пер. с англ. Москва: Территория будущего, 2006. 526 с.
40. Бреннер Р. Экономика глобальной турбулентности. Развитые капиталистические экономики в период от долгого бума до долгого спада, 1945–2005: пер. с англ. Москва: Издательский дом Высшей школы экономики, 2014. 552 с.
41. Jonsson F. A., Wonderland C. Scarcity – A History from the Origins of Capitalism to the Climate Crisis. Massachusetts & London: Harvard University Press, 2023. 307 p.
42. Попов Н. П. Российские и американские поколения XX века: откуда пришли миллениалы? // Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. 2018. № 4. С. 309–323.
43. Срничек Н., Уильямс А. Изобретая будущее: посткапитализм и мир без труда: пер. с англ. Москва: Strelka Press, 2019. 336 с.
44. Csizmadia N. Geofusion 2.0: Towards a long-term sustainable Eurasian growth. The Power of Geography in the Economic and Geopolitical World Order. Budapest: Pallas Athéné Könyvkiadó Kft., 2021. 355 p.
45. Carter C. Introduction to Human Geography. Using ArcGIS Online. New York: Esri Press, 2019. 380 p.
46. Angus I. Facing the Anthropocene Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System. New York: Monthly Review Press, 2016. 277 p.

47. Patel R., Moore J. W. A History of the World in Seven Cheap Things A Guide to Capitalism, Nature, and the Future of the Planet // Acta bioethica. 2022. № 25 (1). P. 141–142. DOI: 10.4067/S1726-569X2019000100141.
48. Haraway D. J. When Species Meet. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2008. 427 p.
49. Balyhin M., Shajlieva M., Tsypin A. Statistical Analysis of the Economic Development of the Brics Countries // Statistics and Economics. 2020. № 17. P. 18–28. DOI: 10.21686/2500-3925-2020-2-18-28.
50. Varoufakis Yanis. Technofeudalism: What Killed Capitalism. Melville House, 2023. 287 p.
51. Huntington S. P. 2013: The Clash of Civilizations Revisited // New Perspectives Quarterly. 2013. Vol. 30, issue 4. P. 46–54.
52. Ruan W. Geo-Civilization // Comparative Civilizations Review. 2012. Vol. 66, Spring. P. 91–105. DOI: https://scholarsarchive.byu.edu/ccr/vol66/iss66/9.
53. Cohen S. B. Geopolitics: The Geography of International Relations. New York – London: Rowman & Littlefield, 2015. 504 p.
54. Bernek Á. A 21. Századi geopolitikai stratégiák (Geopolitical strategies in the 21st century) // Hungarian Geopolitics. 2016. № 1. P. 52–73.
55. Crutzen P. J. Geology of Mankind: The Anthropocene // Nature. 2002. № 415. P. 23–23. DOI: https://doi.org/10.1038/415023a.
56. An Ecomodernist manifesto. The Breakthrough Institute. 2015. 32 p. URL: https://thebreakthrough.org/manifesto/manifesto.
57. Hickel J. Less is more: how degrowth will save the world. London: Penguin Random House, 2020. 285 p.
58. Moore J. W. Anthropocenes and the Capitalocene alternative // Azimuth. 2017. Vol. 9. P. 71–79.
59. Latour B. The Politics of Nature. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004. 307 p.
60. Watson P. The Great Divide: History and Human Nature in the Old World and the New. London: Phoenix Books, 2014. 610 p.
61. Capra F. The Web of Life. New York: Anchor, 1996. 420 p.
62. Мамфорд Л. Миф машины. Техника и развитие человечества: пер. с. англ. Москва: Логос, 2001. 408 с.
63. Harvey D. Spaces of Global Capitalism: Towards a Theory of Uneven Geographical Development. L.; N.Y.: Verso, 2006. 156 p.
64. Lefebvre H. The Production of Space. Oxford: Blackwell, 2008. 455 p.

References

1. Wallerstein I. *World-system analysis: Introduction. Translation from English.* Moscow: Territory of the Future; 2006:248 (In Russ.).
2. Braudel F. *Material civilization, economics and capitalism, XV–XVIII centuries. Vol. 1: Structures of everyday life: the possible and the impossible: transl. from fr.* Moscow: Progress; 1986:603 (In Russ.).
3. Blok M. *Feudal society: transl. from fr.* Moscow: Publishing house named after Sabashnikov; 2003:504 (In Russ.).
4. Wallerstein I. *World-system of Modernity. Volume I. Capitalist agriculture and the origins of the European world-economy in the 16th century: transl. from English.* Moscow: Russian Foundation for the Promotion of Education and Science; 2015:552 (In Russ.).
5. Luhmann N. *Society as a social system: transl. from germ.* Moscow: Logos; 2004:232 (In Russ.).
6. Prebisch R. *Peripheral capitalism: is there an alternative to it?: transl. from English.* Moscow: ILA, 1992:337 (In Russ.).
7. Frank A. G., Gills B. K. *The World System Five Hundred Years Or Five Thousand.* Routledge; 1996:320.
8. Wallerstein I. *Analysis of world systems and the situation in the modern world: transl. from English.* St. Petersburg: University Book; 2001:416 (In Russ.).
9. Wolff R. D. *Capitalism's Crisis Deepens: Essays on the Global Economic Meltdown.* Chicago: Haymarket Books; 2016:346.
10. Wallerstein I. *The end of the familiar world: Sociology of the XXI century: transl. from English.* Moscow: Logos; 2003:368 (In Russ.).
11. Khanna P. *Connectography: Mapping the Future of Global Civilization.* New York: Random House Publishing Group; 2016:496.
12. Taleb N. N. *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable.* New York: Random House; 2007:480.
13. Zeihan P. *The End of the World Is Just the Beginning: Mapping the Collapse of Globalization.* New York: Harper Business; 2022:512.
14. Grinin L. E., Korotaev A. V. *Social macroevolution. Genesis and transformation of the World System.* Moscow: Book house "LIBROKOM"; 2009:568 (In Russ.).
15. Krasilov V. A. *Metaecology.* Moscow: PIN RAS. 1997 : 208 (In Russ.).
16. Spengler O. *Decline of Europe. Essays on the morphology of world history. 2. World historical perspectives Trans. from germ.* Moscow: Mysl; 1998:606 (In Russ.).
17. Gorelov A. A., Gorelova T. A. The decline of Europe / by O. Spengler and the possibility of the decline of the world. *Philosophy and modernity.* 2016; 1:29–43 (In Russ.).
18. Toynbee A. J. *Civilization before the court of history.* Moscow; St. Petersburg: Progress-Culture; Juventa; 1996:480 (In Russ.).
19. Gumilyov L. N. *Ethnogenesis and biosphere of the Earth.* Ed. Doctor of Geography Sci. Professor V. S. Zhekulin. Leningrad: Leningrad State University; 1989:496 (In Russ.).

20. White D. F., Rudy A. P., Garea B. J. *Environments, natures and social theory: towards a critical hybridity.* NewYork: Palgrave Macmillan; 2016:251.

21. Meyer W. J., Crumley C. L. *Historical Ecology: Using What Works to Cross the Divide. Atlantic Europe in the First Millennium BC: Crossing the Divide.* Eds. T. Moore, L. Armada. Oxford: Oxford University Press; 2011:109–134.

22. *Historical Ecology. Learning from the Past to Understand the Present and Forecast the Future of Ecosystems.* Ed. by Guillaume Decocq. ISTE and Wiley & Sons, Inc.; 2022:304.

23. Kulpin E. S. Socio-natural history – a response to the challenges of the time. *Historical Psychology and Sociology of History.* 2008; 1(1):196–207 (In Russ.).

24. Frank A. G. *The Underdevelopment of Development*. Ed. by S. C. Chew, R. A. Denemark L.: SAGE Publications; 1996:427.

25. Csizmadia N. *Geofusion: mapping of the 21st century.* New Jersey: World scientific; 2020:432.

26. *Moore There is No Such Thing as a Technological Accident*. Ed. J. Brower, S. van Tuinen. Lden: V-2 Publishing; 2023:21.

27. *Sustainable Management of Luxury.* Ed. M. A. Gardetti. Singapore: Springer Nature Pte Ltd.; 2017:510.

28. Gräbner Cl., Hafele J. The emergence of coreperiphery structures in the European Union: A complexity perspective. *ZOE Discussion Papers.* 2020; 6:19.

29. Hryniewicz J. 2014. Core-periphery: An Old Theory in New Times. *European Political Science.* 2014; 13:16.

30. Hall P. A. Varieties of capitalism in light of the euro crisis. *Journal of European Public Policy.* 2018; 25(1):7–30. DOI: https://doi.org/10.1080/13501763.2017.1310278.

31. McMichael Ph. Updating Karl Polanyi's 'Double Movement' for Critical Agrarian Studies. *The Journal of Peasant Studies.* 2023; 50(3):1–22. DOI: 10.1080/03066150.2023.2219978.

32. Moore J. W. Power, Profit, and Prometheanism, Part II Superexploitation in the Web of Life. *Journal of World-Systems Research.* 2023; 29(2):558–582. DOI: 10.5195/jwsr.2023.1225.

33. Prakash A. Next Geopolitics: The Future of World Affairs (Technology). 2018; 2:320.

34. Moore J. W. Capitalism in the Web of Life: Ecology and the Accumulation of Capital. London; New York: Verso; 2015:317.

35. Moore J. W. Anthropocene, Capitalocene and the Flight from History: Dialectical Universalism & the Geographies of Class Power in World-Ecological Perspective, 1492–2021. *Nordia.* 2022; 51(2):1–24. DOI: 10.30671/nordia.116148.

36. Russia in the global environmental space. Yearbook of the Russian Geographical Society. Ed. N. S. Kasimova, N. N. Alekseeva. Moscow: Ekmo; 2018:320 (In Russ.).

37. Osipov V. V. Gavrilova N. K. *Agricultural development and dynamics of forest cover in the Non-Chernozem Zone of the RSFSR.* Moscow: Nauka; 1983:108 (In Russ.).

38. Le Goff J. *Civilization of the medieval West: transl. from fr.* Moscow: Alma Mater. 2023 : 400. (In Russ.)

39. Arrighi J. The Long Twentieth Century. Money, power and the origins of our time. transl. from English. Moscow: Territory of the Future. 2006:526. (In Russ.).

40. Brenner R. *Economics of global turbulence. Advanced capitalist economies from the long boom to the long bust, 1945–2005: transl. from English.* Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics; 2014:552 (In Russ.).

41. Jonsson F. A., Wonderland C. *Scarcity – A History from the Origins of Capitalism to the Climate Crisis.* Massachusetts & London: Harvard University Press; 2023:307.

42. Popov N. P. Russian and American generations of the 20th century: where did the millennials come from? *Monitoring of public opinion: Economic and Social Changes.* 2018; 4:309–323 (In Russ.).

43. Srnichek N., Williams A. *Inventing the future: post-capitalism and a world without work: transl. from English.* Moscow: Strelka Press; 2019:336 (In Russ.).

44. Csizmadia N. *Geofusion 2.0: Towards a long-term sustainable Eurasian growth. The Power of Geography in the Economic and Geopolitical World Order.* Budapest: Pallas Athéné Könyvkiadó Kft; 2021:355.

45. Carter C. *Introduction to Human Geography. Using ArcGIS Online.* New York: Esri Press; 2019:380.

46. Angus I. *Facing the Anthropocene Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System.* New York: Monthly Review Press; 2016:277.

47. Patel R., Moore J. W. A History of the World in Seven Cheap Things A Guide to Capitalism, Nature, and the Future of the Planet. *Acta bioethica.* 2022; 25(1):141–142. DOI: 10.4067/S1726-569X2019000100141.

48. Haraway D. J. *When Species Meet.* Minneapolis: University of Minnesota Press; 2008:427.

49. Balyhin M., Shajlieva M., Tsypin A. Statistical Analysis of the Economic Development of the Brics Countries. *Statistics and Economics.* 2020; 17:18–28. DOI: 10.21686/2500-3925-2020-2-18-28.

50. Varoufakis Yanis. *Technofeudalism: What Killed Capitalism.* Melville House; 2023:287.

51. Huntington S. P. 2013: The Clash of Civilizations Revisited. *New Perspectives Quarterly.* 2013; 30(4): 46–54.

52. Ruan W. Geo-Civilization. *Comparative Civilizations Review.* 2012; 66(Spring):91–105. DOI: https://scholarsarchive.byu.edu/ccr/vol66/iss66/9.

53. Cohen S. B. *Geopolitics: The Geography of International Relations.* New York – London: Rowman & Little-field; 201:504.

54. Bernek Á. A 21. Századi geopolitikai stratégiák (Geopolitical strategies in the 21st century). *Hungarian Geopolitics.* 2016; 1:52–73.

55. Crutzen P. J. Geology of Mankind: The Anthropocene. *Nature*. 2002; 415:23–23. DOI: https://doi.org/10.1038 /415023a.

56. *An Ecomodernist manifesto. The Breakthrough Institute*; 2015:32. URL: https://thebreakthrough.org /manifesto/manifesto.

57. Hickel J. *Less is more: how degrowth will save the world.* London: Penguin Random House; 2020:285.
58. Moore J. W. Anthropocenes and the Capitalocene alternative. *Azimuth.* 2017; 9:71–79.
59. Latour B. *The Politics of Nature.* Cambridge, MA: Harvard University Press; 2004:307.
60. Watson P. *The Great Divide: History and Human Nature in the Old World and the New.* London: Phoenix Books; 2014:610.
61. Capra F. *The Web of Life.* New York: Anchor; 1996:420.
62. Mumford L. *The Myth of the Machine. Technology and human development: transl. from English.* Moscow: Logos; 2001:408.
63. Harvey D. *Spaces of Global Capitalism: Towards a Theory of Uneven Geographical Development.* L.; N.Y.: Verso; 2006:156.
64. Lefebvre H. *The Production of Space.* Oxford: Blackwell; 2008:455.

Информация об авторе

Колбовский Е. Ю. – доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова; ведущий научный сотрудник Института географии РАН.

Information about the author

Kolbovsky E. Yu. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Leading Researcher at the Department of Physical Geography of the World and Geoecology, Faculty of Geography, Moscow State University. M.V. Lomonosova; leading researcher at the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.01.2024, одобрена после рецензирования 23.01.2024, принята к публикации 05.02.2024.
The article was submitted 12.01.02.2024, approved after reviewing 23.01.2024, accepted for publication 05.02.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 127–133.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):127–133 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.064
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_127

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИЭЛЬБРУСЬЯ

Лигидов Рамазан Муаедович[1]✉, Таппасханова Елизавета Оюсовна[2], Али Хейтам Нассер Аввад[3]
[1, 2, 3]Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова
[1]ligidov75@mail.ru✉

Аннотация. В статье исследуется сложившаяся современная экологическая обстановка в регионе. Выявлены основные недостатки в этой системе и рассмотрены основные направления по укреплению природоохранной деятельности. Обосновывается необходимость реализации всех основных программ по решению экологических проблем в регионе. Определены основные организационно-экономические направления по решению этой актуальнейшей для республики проблемы, важнейшими из которых являются использование экономических инструментов стимулирования предприятия, а также внедрение новейших технологий в области экологии. Особый акцент сделан на необходимости экологического воспитания и экологического образования.

Ключевые слова: экология, экологическая безопасность, экологический рынок, экологическое управление, природоохранная деятельность, экологический аудит, экологические законы, экологическое образование

Для цитирования: Лигидов Р. М., Таппасханова Е. О, Али Хейтам Нассер Аввад. Геоэкологические проблемы Приэльбрусья // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 127–133. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_127.

GEOECOLOGICAL PROBLEMS OF THE ELBRUS REGION

Ramazan M. Ligidov[1]✉, Elizaveta O. Tappaskhanova[2], Ali Haytham Nasser Awwad[3]
[1, 2, 3]Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekova
[1]ligidov75@mail.ru✉

Abstract. The article examines the current current environmental situation in the region. The main shortcomings in this system are identified and the main directions for strengthening environmental activities are considered. The necessity of implementing all major programs to solve environmental problems in the region is substantiated. The main organizational and economic directions for solving this most pressing problem for the republic have been identified, the most important of which are the use of economic instruments to stimulate enterprises, as well as the introduction of the latest technologies in the field of ecology. Particular emphasis is placed on the need for environmental education and environmental education.

Keywords: ecology, environmental safety, environmental market, environmental management, environmental activities, environmental audit, environmental laws, environmental education

For citation: Ligidov R. M., Tappaskhanova E. O., Ali Haytham Nasser Awwad. Geoecological problems of the Elbrus region. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):127–133. https://doi.org/10.54398 /20776322_2024_1_127 (In Russ.).

В последние годы во всём мире обострились экологические проблемы. Наблюдается загрязнение воздуха, воды и почвы, происходит глобальное потепление, истощаются природные ресурсы, остро стоит «мусорная проблема», уничтожаются целые биологические виды, происходит вырубка лесов, ощущается нехватка пресной воды и т. д. Все эти процессы заметно ослабляют защищённость природной среды и жизненно важных интересов человека. И как результат, во многих странах происходит нарастание экологической напряжённости, оказывающее серьёзное влияние на социальную напряжённость, а всё вместе – на уровень развития экономики стран. Данная ситуация заметно затронула Российскую Федерацию и её регионы [5, 12].

Следует отметить, что в России данной проблеме уделяют достаточно много внимания. Так, в Стратегии национальной безопасности РФ до 2030 года (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 400) и в ряде других документов экологическая безопасность Российской Федерации отнесена к составной части национальной безопасности [10, 13].

© Лигидов Р. М., Таппасханова Е. О, Али Хейтам Нассер Аввад, 2024.

В соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды» экологическая безопасность – это состояние защищённости природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Многие годы экологические проблемы в России решались в основном через реализацию специально разработанных программ по охране окружающей природной среды, а также – производственную природоохранную деятельность. Реализация данных программ давала возможность в некоторой степени решать актуальные проблемы экологии, однако далеко не решала задачи экологической безопасности жизни людей на территориях большинства регионов страны.

Ведомственная разобщённость экологической защиты, достаточно низкий уровень инвестирования в решение экологических проблем привели к тому, что оборудование на предприятиях, которое больше всего загрязняло регионы, заметно устарело, снизилась дисциплина, участились выбросы веществ, которые стали загрязнять территорию. В итоге ухудшилась экологическая обстановка в тех регионах, которые больше всего несли нагрузку.

Все названные обстоятельства потребовали незамедлительного решения задач для устранения возникших экологических проблем. Одним из важнейших направлений стала разработка региональной системы экологической безопасности, основная задача которой было решение задачи экологической защиты населения. Все названные обстоятельства позволяют отнести выбранную тему исследования к наиболее актуальным темам экономической науки.

В качестве объекта исследования была выбрана Кабардино-Балкарская Республика (КБР). Актуальность исследования ещё более возрастает, учитывая, что республика представляет собой один из туристических центров, а также центров российского и международного горнолыжного спорта. В республике имеются 204 организации, которые действуют в этой сфере, причём 36 из них санаторно-курортные учреждения. Инфраструктуру курорта «Нальчик» представляют 4 объекта, действуют 22 оздоровительных лагеря, функционируют около 18 спортивных баз, пансионатов и туристических организаций. Имеются также средства коллективного размещения, их в Приэльбрусье 61, а также16 гостиниц и 47 туристических фирм. Следует отметить, что горнолыжные трассы КБР по многим показателям превосходят известные мировые горнолыжные трассы. Богата КБР также растительностью и животным миром. На её территории находятся красивейшие ущелья, живописные горные реки и озёра, разнообразная растительность. Все пятитысячники Кавказа находятся на территории региона. Для республики характерны различные типы климата, которые весьма благоприятно действуют на здоровье людей. В регионе действует около 100 источников минеральной воды [16, 17].

Кабардино-Балкарская Республика проводит определённую работу для улучшения экологической обстановки в регионе. Разработана и утверждена Правительством КБР Государственная программа Кабардино-Балкарской Республики «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов в Кабардино-Балкарской Республике» на 2020–2025 годы. Программа включает такие подпрограммы, как «Охрана атмосферного воздуха», «Мониторинг состояния недр по территориальной сети наблюдения», «Обеспечение воспроизводства и сохранения охотничьих ресурсов», «Поддержка и развитие особо охраняемых природных территорий регионального значения», «Экологическое образование, воспитание и просвещение населения». Основная цель – программы защитить окружающую среду, на которую могут воздействовать негативные природные явления и антропогенные процессы, сформировать научно обоснованную политику в области охраны окружающей среды, сформировать и повысить экологическую культуру населения [6].

Результаты исследования показали, что, несмотря на то, что в решении данной проблемы сделаны определённые позитивные шаги, экологическая обстановка в регионе оставляет желать лучшего и требует решения возникших проблем. Усугубляет экологическую обстановку региона загрязнение атмосферного воздуха и воды. Острой проблемой для республики остаётся слабая охрана лесов и зон рекреации, нередко отмечена вырубка деревьев. Не меньшую озабоченность вызывает проблема сокращения уникальных видов животных и растительности, которыми так богат регион [2].

Достаточно серьёзный ущерб наносит экологии республики использование некачественных гидроресурсов. Что примечательно, больше всего вред приносят сами люди в процессе деятельности, засоряя природные водные ресурсы. А ведь уже давно доказано, что от количества и качества воды, её рационального использования и охраны во многом зависит здоровье и благополучие населения, а это, в свою очередь, прямо влияет на решение экономических проблем республики [14].

В процессе исследования было выявлено, что наиболее отрицательное воздействие на гидроэкосистему республики оказывают предприятия, занимающиеся производством спирта, а также предприятия, имеющие опасные производственные объекты и у которых сильно изношено очистное оборудование. Серьёзную проблему для экологии представляют реки, которые засорены бытовыми отходами. Опасность для экологии также представляет такое явление, как браконьерство, ведущее к истреблению уникальных животных, населяющих регион.

Воздушное пространство республики больше всего испытывает негативное воздействие от деятельности предприятий добывающей и обрабатывающей промышленности, организаций, осуществляющих строительные работы, а также от работы транспорта.

Исследование позволило сделать вывод, что к основным загрязнителям воздуха относятся такие предприятия, как ОАО «Гидрометаллург» и автотранспорт, централизованное водоснабжение Зольского района, которое загрязнено нитратами, концентрация которых иногда доходит до 54,75 млг/л., завод, занимающийся производством медной катанки города Прохладный, который загрязняет воздух серой, свинцом. Анализ также показал, что только за 2022 г. воздушное пространство региона сильно пострадало от стационарных источников, от которых ему поступило загрязняющих веществ в размере 3 762 тонн [7].

Данные, которые были приведены выше, объясняют причину занятия республикой только 16-го места в экологическом рейтинге, который был составлен по итогам лета 2023 г. общественной организацией «Зелёный патруль». Расчёт сводного индекса каждого региона организация вычисляет по показателям трёх индексов. Речь идёт о природоохранном, промышленно-экологическом и социально-экологическом показателях. Причём такие показатели рассчитываются и публикуются каждый сезон, т. е. четыре раза в год. К слову, Чеченская Республика заняла 7 место в рейтинге. Очевидно, что показатели у данной республики более высокие.

Следует отметить, что разработанные программы по решению проблем экологической безопасности на государственном и региональном уровнях в полной мере не выполняются, а как следствие, переход к новому типу экономики в России, характеризующийся его устойчивым развитием, будет затруднён. Решение проблемы видится в поднятии на более высокий уровень реализации эколого-экономической политики, проводимой государственными и региональными органами и предполагающей включение различных методов регулирования (рис.).

Рисунок – Основные методы государственного регулирования экологической безопасности

Важным направлением решения проблемы является использование экономических инструментов стимулирования предприятия с целью более рационального использования ресурсов окружающей среды и снижения уровня загрязнения. Решение этих задач должно осуществляться вместе с внедрением новейших технологий в области экологии. К наиболее действенным экономическим мерам следует отнести экологические налоги и налоговые льготы, а также квоты на выбросы. Однако, учитывая тот факт, что они носят дифференцированный характер, а также должны изменяться с изменениями условий охраны окружающей среды и использованием природных ресурсов, следует по мере необходимости проводить налоговый мониторинг [6].

Ужесточение природоохранного регулирования и растущая экологизация рынка, которые характерны для последних лет, оказывают влияние на деятельность компаний и требуют от них усиления контроля за влиянием её на окружающую среду с помощью внедрения на предприятии системы экологического менеджмента и экологического аудита. И эти процессы всё более активно внедряются в передовых компаниях (табл. 1).

Внедрение экологического менеджмента и аудита дадут возможность улучшить экологическую репутацию, повысить капитализацию компании на основе минимизации экологических рисков, повышения эффективности использования ресурсов и энергии. А это, в свою очередь, даст возможность компании активно привлекать иностранные инвестиции и повысить её конкурентоспособность на мировых рынках [11].

Таблица 1 – Системы экологического менеджмента и аудита

Система экологического менеджмента	Экологический аудит
Управление организационной культурой	Экологический аудит производственной деятельности
Управление природными ресурсами	– структура и техническое состояние производственных фондов – источники экологической опасности – пропускная способность очистных сооружений – прогрессивность методов очистки
Управление циклом обращения отходов	
Экологический учёт и отчётность	
Управление экологической безопасностью	Экологический аудит финансовой деятельности
Управление использованием энергии	– текущие затраты на охрану окружающей среды – платежи за загрязнение в пределах лимитов – платежи за сверхлимитные загрязнения – платежи за природные ресурсы – капитальные затраты на охрану окружающей среды – финансирование научно-исследовательских работ природоохранного назначения
Управление жизненным циклом продукции	
Оценка экономической эффективности природоохранной деятельности	

Одной из больших проблем КБР является проблема «мусорозасорения». Для её решения в республике было запущено 2 объекта, задача которых перерабатывать и складировать мусор. Речь идёт о модернизированном Прохладненском полигоне на 50 тыс. тонн и только что запущенном в Урванском районе мусоросортировочном производстве на 100 тыс. тонн. Разработан и представлен проект по созданию мусоросортировочного комплекса в данном муниципальном районе. Огромным прорывом и большим импульсом экологическому состоянию республики следует считать введение в эксплуатацию 112 свалок (пункты временного размещения отходов) и 2-х полигонов, рекультивацию трёх полигонов твёрдых коммунальных отходов, которые расположены в Терском, Майском районах и городе Баксане.

Однако ещё предстоит решить ряд задач по улучшению экологического состояния в республике. Так, во многих районах республики создаются мусорные свалки прямо около сёл, иногда мусорные свалки соседствуют со школами или детскими садами. Такое положение дел противоречит всем духовно-нравственным принципам и просто взглядам на окружающую действительность, выработанную и используемую человечеством в повседневной практической жизни.

Чтобы обеспечить переработку всех отходов, которые накопились в республике, необходимо построить пока хотя бы один мусороперерабатывающий завод довольно высокой мощности. «Мусорный» бизнес, как показывает опыт использования данного бизнеса в зарубежных странах, очень выгодный бизнес и занимает третье место по уровню доходности. Предстоит разработать оптимальную систему вывоза мусора со всех населённых пунктов КБР и только на специализированные полигоны.

Радикально решить проблему поможет ужесточение законодательства в области экологии. Например, увеличение размера штрафов за выброс мусора в неположенных местах и обеспечение исполнения этого закона. Ощутимый вклад в решение проблемы может внести создание в республике «мусорной» полиции» и эффективная организация её работы [3].

Большой вклад в решение проблемы мусора могут внести общереспубликанские субботники, а также привлечение всего трудоспособного населения республики к уборке загрязнённых территорий. Необходимо установление на всей территории республики контейнеров для раздельного сбора мусора, причём покрашенные в разные цвета, как это принято в некоторых городах – в контейнеры одного цвета складываются отходы одного типа, в контейнеры другого цвета – отходы другого типа, и обязать население республики дифференцировать мусор. Примером может служить Ростовская область, которая, наладив сотрудничество с немецкой фирмой Global Traid, занимающейся производством мусорных контейнеров, запустила систему умного сбора мусора, обеспечив мусорными урнами в необходимом количестве все населённые пункты области [11].

Чтобы природные ресурсы развивались устойчиво и использовались рационально, необходимо общее повышение уровня экологического образования населения [9]. Здесь уместно привести высказывание академика Н. Н. Моисеева, который утверждал, что «экологическое (лучше сказать, энвайронментальное) воспитание и образование должны охватывать все возрастные категории; экологическими знаниями, подобно арифметике, должны обладать все, независимо от специальности и характера работы, места обитания и цвета кожи. Должен быть качественно повышен уровень экологического образования населения, особенно лиц, собирающихся занять посты государственных служащих или уже их имеющих…» [4].

Большую работу в республике в этом направлении проводят дошкольные и школьные учреждения, высшие учебные заведения; Региональный ресурсный центр ГБУ ДО «Эколого-биологический центр» Министерства просвещения и науки КБР, который является координатором региональных конкурсов; Кабардино-Балкарский государственный университет (КБГУ); СМИ.

Наиболее активную работу по повышению уровня экологического образования населения проводит КБГУ. В 2022 г. в подразделениях КБГУ были организованы ряд экскурсий, олимпиад конкурсов, экологических акций, научных конференций и открытых занятий для учащихся школ КБР. В таблице 2 приведены наиболее значимые мероприятия, которые были проведены в 2022 г. в республике.

Однако анализ показал, что далеко не всё население республики вовлечено в эти мероприятия. Поэтому необходимо ещё более активно работать в этом направлении. Следует активизировать работу и с приезжими туристами, и отдыхающими, которые нередко после отдыха оставляют горы мусора, не считая нужным убрать за собой.

Таблица 2 – Наиболее значимые мероприятия по повышению уровня экологического образования, проведённые в 2022 г. в республике [7]

Мероприятия	Тема	Дата проведения	Участники
Республиканская научная конференция	«Современные проблемы биологии и экологии»	20.01.2022–28.01.2022	Учащиеся образовательных учреждений КБР
Республиканский конкурс	«Наши пернатые друзья»	10.03.2022–01.04.2022	Учащиеся общеобразовательных школ КБР 1–11 классов, студенты вузов, а также учителя
Республиканский конкурс	«Юный геолог и палеонтолог»	12.04.2022	Участники общеобразовательных школ КБР 1–11 классов
Республиканская экологическая акция	«Домик для птички»	01.04.2022	Учащиеся общеобразовательных школ КБР 1–11 классов, волонтеры КБГУ
Международная экологическая акция	«Всемирная ночь охраны летучих мышей»	19.04.2022–30.04.2022	Учащиеся образовательных учреждений КБР, студенты Института химии и биологии КБГУ
Республиканский экологический конкурс	«Берегите животных – чудо природы!»	01.10.2021–10.10.2021	Более 30 общеобразовательных учреждений КБР
Республиканский онлайн-конкурс детского рисунка	«Природа родного края»	01.10.2021–01.11.2021	Более 20 общеобразовательных учреждений республики
Участие в профориентационной образовательной программе	«Профканикулы КБГУ»	2022	
Мастер-класс	Современные проблемы экологии КБР	09.10.2022	Педагоги-биологи общеобразовательных школ КБР
I Всероссийская научно-практическая онлайн-конференция с международным участием для школьников и студентов	«Актуальные вопросы исследования лекарственного растительного сырья»	2022	
Экологическая акция	«Вторсырье»	06.04.2022	Активисты молодёжного клуба РГО «43-я параллель» на базе КБГУ
Открытая ежегодная олимпиада школьников по биологии	«Биологос»	18.02.2023	120 учеников 10–11 классов средних общеобразовательных школ республики
Музей живой природы НОЦ «Ботанический сад» Экскурсии	«Флора и фауна КБР», «Охрана фауны КБР», «Териология», «Минералы», «Палеонтологические находки»	2022	Посетили свыше 500 чел.

Особенно это наблюдается в таких зонах отдыха, как Приэльбрусье, Башиль, Голубые озёра. И здесь хочется таким отдыхающим напомнить слова маленького принца из произведения Экзюпери: «Есть такое правило. Встал поутру, умылся привёл себя в порядок – и сразу же приведи в порядок свою планету» [15] или произведение Чингиза Айтматова «Плаха», в котором автор раскрывает тему «человек и природа». С одной стороны, пишет он – человек подчиняет себе и использует природу, потребляя её через плоды своей деятельности, а с другой стороны – разрушает её. И природа начинает мстить ему [1].

Итак, переход к новому типу экономики в России и её регионах, характеризующийся устойчивым его развитием, требует разработки и эффективной реализации эколого-экономической

политики, которая должна включать самые разнообразные направления, в том числе методы эффективного государственного природоохранного регулирования. Важными направлениями решения проблемы являются: создание экологической инфраструктуры; использование экономических инструментов стимулирования предприятий для более рационального использования ресурсов, которые он черпает из окружающей среды, применение современных прорывных технологий; внедрение на предприятии такой системы управления, которая была бы нацелена на бережное отношение к окружающей среде и позволила бы обеспечить все параметры: нормативные социальные, экологические и экономические. Современная система управления при осуществлении планирования в качестве приоритетов должна рассматривать охрану окружающей среды, считая её составной частью системы управления организацией. Решение проблем по улучшению экологической обстановки в регионе требует ужесточения экологического законодательства, повышения уровня экологической грамотности всего населения. Разработанные программы по решению экологических проблем на государственном и региональном уровнях должны неукоснительно выполняться.

Список литературы

1. Айтматов Ч. Т. Плаха. Москва: Эксмо, 2021. С. 352.
2. Дахова О. О., Хучунаев Б. М., Мустафаева З. А., Куповых Г. В., Даов И. С. Экологические проблемы Кабардино-Балкарской Республики // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2018. № 4 (200). С. 72–76.
3. Козловская О. В. О необходимости законодательного закрепления принципов правового мониторинга // Мониторинг правоприменения. 213. № 2. С. 44–48.
4. Моисеев Н. Н. Экологическое образование и экологизация образования // Экология и жизнь. 2010. № 8. С. 4–6.
5. Национальный проект «Экология». URL: http://www.consultant.ru/document/ cons_34823/4 (дата обращения: 05.09.2023).
6. О Государственной программе Кабардино-Балкарской Республики «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов в Кабардино-Балкарской Республике» на 2020–2025 годы. URL: http://docs.pravo.ru/document/view http://docs.pravo.ru/44989501/51131153/2/ (дата обращения: 10.09.2023).
7. О состоянии и об охране окружающей среды в Кабардино-Балкарской Республике в 2022 году. URL: http:// proekt-gosdoklada-2022-god-1.pdf ru (дата обращения: 15.08.2023).
8. Ресурсный потенциал России. Проблемы эффективного использования: коллективная монография. Нальчик, 2014. 232 с.
9. Сатуева Л. Л. Роль и значение экологического образования в формировании экологической культуры общества // Педагогика высшей школы. 2016. № 2 (5). URL: https://moluch.ru/th/3/archive/32/1160/ (дата обращения: 25.08.2023).
10. Стратегии национальной безопасности РФ до 2030 года (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 № 400).
11. Таппасханова Е. О., Токмакова Р. А., Альтудова А. А., Апикова А. А. Организационно-экономические аспекты обеспечения экологической безопасности региона // Евразийское научное объединение. 2020. № 3–3 (61). С. 216–220.
12. Токмакова Р. А. Шагин С. Н., Лигидов Р. М. Зеленая экономика горных территорий (на материалах Кабардино-Балкарской Республики) // Региональная экономика и управление. 2021. № 4 (68).
13. Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года». URL: http:// kremlin.ru (дата обращения: 18.08.2023).
14. Шагин С. И., М. А. Шамарина, Татаренко Н. В. Геоэкологическая характеристика участка реки Малка от города Прохладный до устья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2020. № 3. С. 72–77.
15. Экзюпери А. Маленький принц. Москва: Эксмо, 2022. С. 38
16. Tappaskhanova E. O., Mustafayeva Z. A., Ligidov R. M., Kudasheva N. Z. Development of innovative business in the industry tourism as the most important factor of employment of youth in North Caucasion Federal district // International Business Management. 2015. Vol. 9, № 7. P. 1668–1678.
17. Shadova Z., Tappaskhanova E., Zumakulova Z., Abrhám J. Tourism security and sustainability: a case study of north caucasus region // Journal of Security and Sustainability. 2015. Vol. 4, № 3. P. 509–519.

References

1. Aitmatov Ch. T. *Scaffold.* Moscow: Eksmo; 2021:352 (In Russ.).
2. Dakhova O. O., Khuchunaev B. M., Mustafaeva Z. A., Kupovykh G. V., Daov I. S. Environmental problems of the Kabardino-Balkarian Republic. News of Higher Educational Institutions. North Caucasus region. Series: Natural Sciences. 2018; 4(200):72–76. (In Russ.).
3. Kozlovskaya O.V. On the need to legislate the principles of legal monitoring. *Monitoring of Law Enforcement.* 2013; 2:44–48 (In Russ.).
4. Moiseev N. N. Environmental education and greening of education. *Ecology and Life.* 2010; 8:4–6 (In Russ.).
5. *National project "Ecology"*. URL http://www.consultant.ru/document/cons__34823/4 (accessed 09.05.2023) (In Russ.).

6. *About the State Program of the Kabardino-Balkarian Republic "Environmental protection, reproduction and use of natural resources in the Kabardino-Balkarian Republic" for 2020–2025.* URL http://docs.pravo.ru/document/view http://docs .pravo.ru/44989501/51131153/2/ (accessed 09.10.2023) (In Russ.).

7. *On the state and protection of the environment in the Kabardino-Balkarian Republic in 2022.* URL: http://proekt-gosdoklada-2022-god-1.pdf ru (accessed 08.15.2023) (In Russ.).

8. *Resource potential of Russia. Problems of effective use: collective monograph.* Nalchik; 2014:232 (In Russ.).

9. Satueva L. L. The role and importance of environmental education in the formation of an environmental culture of society. *Higher School Pedagogy*; 2016:2(5). URL: https://moluch.ru/th/3/archive/32/1160/ (accessed 08.25.2023) (In Russ.).

10. *National security strategy of the Russian Federation until 2030 (approved by Decree of the President of the Russian Federation of July 2, 2021 No. 400)* (In Russ.).

11. Tappaskhanova E. O., Tokmakova R. A., Altudova A. A., Apikova A. A. Organizational and economic aspects of ensuring the environmental safety of the region. *Eurasian Scientific Association.* 2020; 3–3(61):216–220 (In Russ.).

12. Tokmakova R. A., Shagin S. N., Ligidov R. M. Green economy of mountain territories (based on materials from the Kabardino-Balkarian Republic). *Regional Economics and Management*; 2021:4(68) (In Russ.).

13. *Decree of the President of the Russian Federation of April 19, 2017 No. 176 "On the Strategy for Environmental Safety of the Russian Federation for the period until 2025.* URL: http:// kremlin.ru (accessed 08.18.2023). (In Russ.).

14. Shagin S. I., Shamarina M. A., Tatarenko N. V. Geoecological characteristics of the section of the Malka River from the city of Prokhladny to the mouth. *Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology.* 2020; 3:72–77 (In Russ.).

15. Exupery A. *The Little Prince.* Moscow: Eksmo; 2022:38 (In Russ.).

16. Tappaskhanova E. O., Mustafayeva Z. A., Ligidov R. M., Kudasheva N. Z. Development of innovative business in the tourism industry as the most important factor of employment of youth in the north caucasion federal district. *International Business Management*. 2015; 9(7):1668–1678.

17. Shadova Z., Tapaskhanova E., Zumakulova Z., Abrhám J.Tourism security and sustainability: a case study of the northern caucasus region. *Journal of Security and Sustainability Issues.* 2015; 4(3):509–519.

Информация об авторах

Лигидов Р. М. – кандидат экономических наук, доцент;
Таппасханова Е. О. – кандидат экономических наук, доцент;
Али Хейтам Нассер Аввад – аспирант.

Information about the authors

Ligidov R.M. – Candidate of Sciences (Economic), Associate Professor;
Tappaskhanova E.O. – Candidate of Sciences (Economic), Associate Professor;
Ali Haytham Nasser Awwad – PhD student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.12.2023; одобрена после рецензирования 18.01.2024; принята к публикации 30.01.2024.

The article was submitted 21.12.2023; approved after reviewing 18.01.2024; accepted for publication 30.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 134–139.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):134–139 (In Russ.).

Научная статья
УДК 574.2
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_134

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ

Щепетова Екатерина Владимировна[1]✉, Абдурахманова Нурия Мулдагалиевна[2]
[1, 2]Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
[1]schepetova75@yandex.ru✉
[2]inm_79@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения количественного содержания некоторых биологически активных соединений – вторичных метаболитов (тритерпеновых сапонинов, флавоноидов, дубильных веществ, антраценпроизводных) в листьях стевии (*stevia Rebaudiana Bertoni*), произрастающей в разных экологических условиях. Так как вторичные метаболиты представляют систему защиты растений от антропогенных стрессов и являются фактором приспособления растений к неблагоприятным условиям среды, исследование позволило выявить территорию с повышенной экологической токсичностью в отношении исследуемых растений, которая повлияла на формирование повышенного количества фенольных соединений, и наиболее благоприятную в экологическом отношении территорию.

Ключевые слова: экологические факторы, загрязняющие вещества, стевия (stevia Rebaudiana Bertoni), биологически активные соединения, вторичные метаболиты

Для цитирования: Щепетова Е. В., Абдурахманова Н. М. Влияние техногенной нагрузки на биохимические показатели растений // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 134–139. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_134.

IMPACT OF MAN-MADE LOAD ON BIOCHEMICAL PARAMETERS OF PLANTS

Ekaterina V. Schepetova[1]✉, Nuria M. Abdurakhmanova[2]
[1,2]Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
[1]schepetova75@yandex.ru✉
[2]inm_79@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studying the quantitative content of some biologically active compounds – secondary metabolites (triterpene saponins, flavonoids, tannins, anthracene derivatives) in stevia leaves (stevia Rebaudiana Bertoni), growing in different environmental conditions. Since secondary metabolites represent a system for protecting plants from anthropogenic stresses and are a factor in adapting plants to unfavorable environmental conditions, the study made it possible to identify an area with increased environmental toxicity to the studied plants, which influenced the formation of an increased amount of phenolic compounds and the most environmentally favorable area.

Keywords: environmental factors, pollutants, stevia (stevia Rebaudiana Bertoni), biologically active compounds, secondary metabolites

For citation: Schepetova E. V., Abdurakhmanova N. M. Impact of man-made load on biochemical parameters of plants. *Geology, Geography and Global Energy.* 2024;1(92):134–139. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_134 (In Russ.).

В настоящее время в связи с ростом промышленного и сельскохозяйственного производства, в том числе предприятий энергетики и нефтегазового комплекса, проблема загрязнения атмосферного воздуха весьма актуальна для любого региона, в том числе Астраханской области. Поступление в воздух побочных продуктов промышленного производства, автотранспорта, сельского хозяйства и жизнедеятельности человека меняет состав атмосферы, нарушает природные биогеохимические циклы. Некоторые из поступающих в атмосферный воздух веществ способны накапливаться в воздухе, воде и почве, существует и суммарный токсический эффект отдельных компонентов, что оказывает неблагоприятное воздействие на живые организмы – объекты природы. В связи с этим необходимо не только контролировать источники выбросов,

© Щепетова Е. В., Абдурахманова Н. М., 2024.

основные загрязнители и их количество, но и проводить мониторинговые исследования, позволяющие оценить степень воздействия токсикантов на объекты природы, обозначить меры для улучшения качества атмосферного воздуха и экологической обстановки в регионе.

Основные источники загрязнения атмосферного воздуха в г. Астрахани и Астраханской области – это предприятия нефтегазовой и пищевой промышленности, энергетика, компрессорные и нефтегазораспределительные станции, сельское хозяйство и автотранспорт. Основные загрязнители: пыль, сажа, сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, аэрозоли растворимых сульфатов, сероводород, сероуглерод, бензол, ксилол, толуол, этилбензол и др. Поступление загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий происходит на определённых этапах технологических процессов, при остановках, аварийных ситуациях, во время ремонтных работ и пуско-наладочных операций. Кроме этого, загрязняющие вещества попадают в атмосферный воздух во время отгрузки сырья, в процессе хранения используемых реагентов и при получении целевых продуктов. Технологический цикл промышленных предприятий включает дымовые трубы, резервуарные отсеки, системы очистки и утилизации загрязняющих веществ – побочных продуктов производств. Однако значительная часть токсических веществ всё же поступает в атмосферный воздух и фиксируется природоохранными службами. Согласно данным Росприроднадзора за 2022 г. [3], на территории Астраханской области действуют 1262 объекта, имеющих выбросы в атмосферный воздух, 18687 стационарных источников загрязняющих веществ. Согласно материалам, предоставленным Межрегиональным управлением Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Астраханской и Волгоградской областям, выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от всех стационарных источников за 2022 г. составили 104,216 тыс. т (в 2021 г. – 91,275 тыс. т, в 2020 г. – 111,54 тыс. т). Объём выбросов от передвижных источников в целом по Астраханской области в 2022 г. составил 90,614 тыс. т (в 2021 г. – 83,650 тыс. т). Выброшено в атмосферный воздух без очистки – 104,047 тыс. т загрязняющих веществ, поступило на очистные сооружения – 14,185 тыс. т, из поступивших на очистку было уловлено и обезврежено 13,998 тыс. т, из них утилизировано 9,223 тыс. т (в 2021 г. – 14,913 тыс. т, 13998 тыс. т и 3,6775 тыс. т соответственно).

В Астраханской области умеренный, резко континентальный климат, с преобладанием ветров восточных и западных направлений. Рельеф местности плоский и равнинный с песчаными массивами. Лето жаркое, с засухой, сильными ветрами, пыльными бурями, суховеями, с температурой воздуха до 38–42 ^{0}С, большим притоком солнечной радиации, малым количеством осадков. Зимой нередки резкие похолодания, с холодными ветрами. Особенности климата способствуют распространению и накоплению загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. В городе скорость ветра ниже, чем в районе расположения Астраханского газового комплекса, так как он расположен в вытянутой депрессии вдоль господствующих ветров, на границе с территорией Казахстана, что способствует усилению скорости ветра. Содержание загрязняющих веществ в атмосфере в районе расположения газоперерабатывающего завода в отдельных случаях может превышать величины предельнодопустимых концентраций, принятых для населенных пунктов РФ, что связывают с общим ростом производства на комплексе и расположением на границе санитарно-защитной зоны Астраханского газового комплекса и прилегающих населённых пунктов дочерних обществ ОАО «Газпром» (ЮФ ООО «Газпромэнерго», АФ ООО «Газпромтранс», Филиал «Астраханьбурение ООО «Газпром бурение» и др.) и сторонних организаций (транспорт, пропарочные станции и др.) [2, 3].

В соответствии с докладом службы природопользования и окружающей среды об экологической ситуации в Астраханской области за 2022 г., наибольший показатель объёма выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в 2022 г. отмечен в Красноярском районе – 82,113 тыс. т (в 2021 г. – 70,475 тыс. т; в 2020 г. – 83,7 тыс. т); в г. Астрахани – 8,695 тыс. т (в 2021 г. – 10,06 тыс. т; в 2020 г. – 12,1 тыс. т), в Наримановском районе – 3,223 тыс. т (в 2021 г. – 2,243 тыс. т; в 2020 г. – 4,0 тыс. т) и ЗАТО Знаменск – 2,100 тыс. т (в 2021 г. – 2266 тыс. т; в 2020 г. – 2,18 тыс. т). Наименьший показатель выбросов от стационарных источников загрязняющих веществ в атмосферу зафиксирован в Черноярском районе – 0,082 тыс. т (в 2021 г. – 0,096 тыс. т; в 2020 г. – 0,123 тыс. т) и Володарском районе – 0,092 тыс. т (в 2021 г. – 0,077 тыс. т; в 2020 г. – 0,07 тыс. т). Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от отдельных групп источников загрязнения показывают, что в Астраханской области в 2022 г. продолжается изменение баланса между выбросами от сжигания топлива и выбросами от технологических и других процессов. Так, выбросы от сжигания топлива составили 11,48 % (в 2021 – 11,2 %; в 2020 – 9,3 %) от общего количества загрязняющих веществ. Выбросы от технологических и других процессов составили 88,5 % (в 2021 – 88,8 %; в 2020 – 90,7 %) от общего количества загрязняющих веществ. Выбросы специфических загрязняющих веществ, таких как метан, сажа, гексан, аммиак, бутан, метилбензол, диметилбензол, бензин, кальций оксид, бутилацетат, метанол, бензол, сероводород,

формальдегид, марганец и его соединения (в пересчёте на марганец (IV) оксид), гидрохлорид (по молекуле HCl), фтора газообразные соединения, хлор, этилбензол, тетрахлорметан, пропан-2-ол, гидроксибензол (фенол), этоксиэтан, пропан-2-он, этановая кислота, масло минеральное нефтяное, мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий), пыль стекловолокна, пыль неорганическая с различным содержанием SiO_2 и др.) составили 21,395 тыс. т.

Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе Астрахани и Астраханской области оказывает влияние на объекты природы, которое можно проследить на примере изменения количественного содержания некоторых вторичных метаболитов, присутствующих в растениях.

Некоторые биологически активные вещества растений, в частности, вещества фенольной природы, представляют систему защиты растений от биотических и антропогенных стрессов. Они являются фактором приспособления растений к неблагоприятным условиям среды, поэтому увеличение их количественного содержания в растениях прямо указывает на изменения физико-химических показателей среды обитания, нарушения экологической ситуации [1, 7].

В разных органах растений присутствуют первичные метаболиты (углеводы, аминокислоты, белки, липиды, хлорофилл), необходимые им для осуществления реакций, обеспечивающих процессы жизнедеятельности, рост, размножение, и вторичные метаболиты (изопреноиды, фенольные соединения, алкалоиды) – универсальные компоненты растительных тканей, высокоспецифичные для разных видов, которые медицинское сообщество считает биологически активными веществами и использует для развития и процветания фармакогностических исследований и создания фитопрепаратов широкого спектра действия. Вторичные метаболиты, такие как флавоноиды, дубильные вещества, антраценопроизводные и другие, принимают участие в процессе дыхания, играют важную роль в окислительно-восстановительных реакциях, повышают устойчивость растений к заболеваниям, защищают их от избыточной солнечной радиации, предохраняя хлорофилл и цитоплазму клеток от разрушения; являются аттрактантами для насекомых – опылителей и т. д. Некоторые вторичные метаболиты проявляют антимикробную, фунгицидную и инсектицидную активность (монотерпены камфен и мирцен проявляют инсектицидную активность, ментол и α-пинен – реппеленты). Вторичные метаболиты – фитоалексины (фенольные соединения: стильбены, изофлавоноиды) участвуют в синтезе защитных веществ, вырабатываются в ответ на появление инфекции в растении.

Вторичные метаболиты представляют систему защиты растений от биотических и антропогенных стрессов и последовательно используются ими в соответствии с их биологическим действием. Это объясняет фитохимическую изменчивость растений, произрастающих в разных экологических условиях. В литературе есть данные о влиянии техногенного загрязнения (промышленных выбросов от газоперерабатывающего завода, радиационного воздействия и др.) на накопление первичных и вторичных метаболитов в растениях [7]. Действие техногенных загрязнений способствует инициации адаптационных процессов, затрагивающих рост и развитие растений, биохимических изменений метаболических процессов, представляющих адаптационные механизмы растений к загрязнениям среды обитания, а также способствует увеличению содержания некоторых биологически активных веществ в органах растений.

Цель работы: изучить количественное содержание некоторых биологически активных соединений в листьях стевии (stevia Rebaudiana Bertoni), произрастающей в разных экологических условиях.

Мы использовали стевию (Stevia rebaudiana bertoni), растение семейства сложноцветные (*Compositae*). Выращенные из семян побеги высаживали в открытый грунт в трёх районах города Астрахани и области: на дачном участке 3-го Сабанс Ярского переулка в Советском районе города Астрахани (территория, вблизи которой отсутствуют промышленные предприятия и предприятия топливно-энергетического комплекса, а также отсутствуют городские автомобильные дороги), на дачном участке СНТ «Роза» территории ерика Перекатного Ленинского района города Астрахани (участок находится на относительно безопасном удалении – 5 км от автомобильного моста, но в сфере влияния северо-западных ветров зоны Астраханского газоперерабатывающего комплекса), во дворе дома по улице Комсомольской в поселке Комсомольском Красноярского района Астраханской области (населённый пункт прилегает к границе 5 км санитарно-защитной зоны Астраханского газоперерабатывающего комплекса и является территорией, где концентрируются выбросы загрязняющих веществ от предприятия). В первой половине августа, в период генеративного развития растения, собирали листья, сушку проводили воздушно-теневым методом. Растения выращивали при естественном освещении и достаточном увлажнении, для исследования использовали листья однолетнего цикла вегетации.

В листьях стевии содержатся сладкие гликозиды (среди которых стевиозид, он в 300 раз слаще сахарозы и при этом низкокалориен). Растительное сырьё – листья стевии – используют в составе комплексных фитопрепаратов и самостоятельной диетической добавки – заменителя

сахара для людей, страдающих сахарным диабетом в России, Японии и других странах. Согласно литературным данным [6], отвары и настои из листьев стевии улучшают работу сердечно-сосудистой системы, нормализуют давление и обладают антиоксидантным, противовоспалительным, антиаллергенным, антимикробным, противовирусным и противогрибковым действием. Исследования показали [6], что листья стевии содержат флавоноиды (рутин, кверцетин и др.), терпены, сапонины, аминокислоты, дубильные вещества, минеральные вещества (калий, кальций, фосфор, магний, кремний, цинк, медь, селен, хром), витамины С, А, Е и витамины группы В.

При проведении качественных реакций, в водных экстрактах листьев стевии (stevia rebaudiana Bertoni) исследуемых образцов (на дачном участке 3-го Сабанс Ярского переулка в Советском районе города Астрахани, на дачном участке СНТ «Роза» территории ерика Перекатного Ленинского района города Астрахани, во дворе дома по улице Комсомольской в поселке Комсомольском Красноярского района Астраханской области) обнаружены тритерпеновые сапонины, гидролизуемые дубильные вещества, флавоноиды (флавоны, флаванолы, флаваноны, флавонолы), антраценпроизводные.

Количественное содержание суммы сапонинов в листьях стевии всех исследуемых образцов определяли методом прямой спектрофотометрии в пересчёте на олеаноловую кислоту [5]. Определение тритерпеновых сапонинов базируется на реакции с концентрированной серной кислотой, в результате которой тритерпеноиды протонируются по двойной связи с образованием карбокатиона, наличие карбоксильной группы при С-28 ведёт к последующей лактонизации. При этом наблюдается характерный максимум поглощения при 310 нм.

Количественное определение суммы флавоноидов в водно-спиртовых экстрактах листьев стевии исследуемых мест обитания проводили с использованием метода спектрофотометрии [4]. В основе метода – способность флавоноидов водно-спиртовых экстрактов образовывать окрашенный комплекс с раствором хлорида алюминия. При добавлении к аликвотам водно-спиртовых (60 %) экстрактов листьев стевии спиртового раствора (3 %) хлорида алюминия, в течение 20 минут, согласно методике, наблюдали усиление интенсивности жёлтого окрашивания. По истечении времени измеряли оптическую плотность полученных растворов на спектрофотометре в интервале длин волн 370–540 нм относительно экстракта без реактива комплексообразования. Максимальные значения оптической плотности расположены в области 400 нм, поэтому для определения содержания суммы флавоноидов в исследуемых экстрактах использовали цинарозид.

Исследование содержания дубильных веществ проводили методом титрования водных экстрактов листьев стевии всех исследуемых мест обитания, содержащих дубильные вещества перманганатом калия, в присутствии индикатора и катализатора индигосульфокислоты. К водным экстрактам добавляли раствор индигосульфокислоты и титровали окрашенный в ярко синий цвет экстракт раствором перманганата калия (0,1 н) до золотисто-жёлтого окрашивания, вследствие перехода индигосульфокислоты в изотин. Параллельно проводили контрольный опыт.

Количественное определение производных антрацена проводили спектрофотометрическим методом, основанным на способности окисленных форм производных антрацена при взаимодействии с щелочами образовывать вишнево-красное окрашивание. Определяли сумму всех агликонов, содержащихся после гидролиза антрагликозидов ледяной уксусной кислотой [4].

Таблица 1 – Количественное содержание биологически активных веществ в наземной части стевии (*stevia rebaudiana Bertoni*)

Места произрастания исследуемых образцов стевии	Количественное содержание БАВ, %			
	Тритерпеновые сапонины, %	Гидролизуемые дубильные вещества, %	Флавоноиды, %	Антраценпроизводные, %
дачный участок в СНТ «Роза» на ерике Перекатном (г. Астрахань)	4,3±0,05	2,6±0,06	2,9±0,03	2,6±0,04
приусадебный участок в пос. Комсомольском Красноярского района (Астраханская область)	4,7±0,07	3,1±0,04	3,6±0,04	2,6±0,03
Контроль дачный поселок по улице Сабанс Яр (Советский район города Астрахани)	4,2±0,05	2,5±0,04	2,7±0,03	2,5±0,04

Согласно результатам, полученным в ходе экспериментальных исследований, содержание тритерпеновых сапонинов в листьях стевии составило 4,2 % в растениях, произрастающих на дачном участке 3-го Сабанс Ярского переулка в Советском районе города Астрахани (контроль), 4,3 % на дачном участке СНТ «Роза» территории ерика Перекатного Ленинского района города Астрахани, 4,7 % во дворе дома по улице Комсомольской в поселке Комсомольском Красноярского района Астраханской области в пересчете на олеаноловую кислоту.

Количество гидролизуемых дубильных веществ в водном экстракте листьев стевии, произрастающей на дачном участке 3-го Сабанс Ярского переулка (контроль), составило 2,5 %, в водном экстракте растения, произрастающего на дачном участке территории ерика Перекатного – 2,6 %, в экстракте растения, выращенного во дворе дома по улице Комсомольской в поселке Комсомольском, – 3,1 % в пересчёте на танин.

Установлено, что общее содержание флавоноидов в листьях стевии контрольной зоны (дачного участка 3-го Сабанс Ярского переулка), территории с постоянным загрязнением атмосферного воздуха (двора дома по улице Комсомольской в поселке Комсомольском) и участка, находящегося в сфере частичного переноса загрязняющих веществ с АГПЗ (на территории ерика Перекатного), составляет соответственно 2,7 %, 3,6 % и 2,9 % в пересчёте на цинарозид на 100 г сухого сырья.

Содержание антраценпроизводных в листьях стевии всех исследуемых мест произрастания отличаются незначительно: 2,5 % в экстракте листьев стевии, произрастающей на дачном участке 3-го Сабанс Ярского переулка, 2,6 % в водном экстракте листьев растений, произрастающих на дачном участке территории ерика Перекатного и во дворе дома по улице Комсомольской в поселке Комсомольском.

Атмосферный воздух различных районов Астраханской области, в зависимости от степени антропогенной нагрузки территории, способствует формированию разного количества обязательных компонентов – вторичных метаболитов клетки. Согласно результатам проведенных исследований, нетоксичным в отношении растений является атмосферный воздух территории дачных участков Сабанс Ярского переулка, атмосферный воздух поселка Комсомольского в Красноярском районе проявляет повышенную экологическую токсичность в отношении исследуемых растений. Атмосферный воздух территории ерика Перекатного, на наш взгляд, нуждается дополнительно в тех же, но разновременных исследованиях.

Вторичные метаболиты – дубильные вещества, флавоноиды, сапонины – являются защитными компонентами клеток растений в условиях техногенной нагрузки, участвуют в механизмах адаптации растений к загрязнениям окружающей среды, и увеличение их количества прямо указывает на изменения химических показателей среды обитания, нарушения экологической ситуации. Подсчёт фенольных соединений позволяет оценить экологическое состояние атмосферного воздуха территорий, отличающихся уровнем антропогенной нагрузки.

Список литературы

1. Виноградова Н. А., Глухов А. З. Влияние техногенного загрязнения на содержание биологически активных веществ в лекарственных растениях // Экобиотех. 2020. Т. 3, № 3. С. 525–530.
2. Горбунова А. Г. Воздействие Астраханского газоперерабатывающего завода на атмосферный воздух // Проблемы и стратегия сохранения аридных экосистем Российской Федерации: сб. науч. ст. / М-во природ. ресурсов РФ, Гос. природ. Заповедник «Богдинско-Баскунчакский». Ахтубинск: Царицын, 2007. С. 106–107.
3. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2022 году / Правительство Астраханской области служба природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области. Астрахань, 2023.
4. Коренская И. М., Ивановская Н. П., Измалкова И. Е. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырье, содержащее антраценпроизводные, простые фенолы, лигнаны, дубильные вещества: учебное пособие для вузов. Воронеж: ВГУ, 2007. 62с.
5. Кудашкина Н. В., Хасанова С. Р., Мещерякова С. А. Фитохимический анализ: учеб. пособие. Уфа, 2019. 193 с.
6. Курдюков Е. Е., Кузнецова А. В., Семенова Е. Ф., Моисеева И. Я. К вопросу стандартизации по содержанию флавоноидов листьев стевии как нового вида лекарственного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2019. № 1. DOI: 10.14258/jcprm.2019014067.
7. Немерешина О. Н., Гусев Н. Ф. Особенности элементного состава сырья Linaria vulgaris (льнянка обыкновенная) в зоне влияния газоперерабатывающего производства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79), ч. 1.71. С. 124–127.

References

1. Vinogradova N. A., Glukhov A. Z. Influence of technogenic pollution on the content of biologically active substances in medicinal plants. *Ecobiotech.* 2020; 3(3):525–530 (In Russ.).
2. Gorbunova A. G. Impact of the Astrakhan Gas Processing Plant on the atmospheric air. *Problems and strategy for the conservation of arid ecosystems of the Russian Federation: collection of scientific articles;* Ministry

of Natural Resources of the Russian Federation, State Nature Reserve "Bogdinsko-Baskunchaksky". Akhtubinsk: Tsaritsyn; 2007:106–107 (In Russ.).

3. *Report on the environmental situation in the Astrakhan region in 2022. Government of the Astrakhan region environmental management and environmental protection service of the Astrakhan region.* Astrakhan. 2023 (In Russ.).

4. Korenskaya I. M., Ivanovskaya N. P., Izmalkova I. E. *Medicinal plants and medicinal plant raw materials containing anthracene derivatives, simple phenols, lignans, tannins: a textbook for universities.* Voronezh: VSU; 2007:62 (In Russ.).

5. Kudashkina N. V. Khasanova S. R., Meshcheryakova C. A. *Phytochemical analysis: textbook.* Ufa; 2019:193 (In Russ.).

6. Kurdyukov E. E., Kuznetsova A. V., Semenova E. F., Moiseeva I. Ya. On the issue of standardization on the content of flavonoids of stevia leaves as a new type of medicinal plant raw materials. *Chemistry of Plant Raw Materials*; 2019:1. DOI: 10.14258/jcprm.2019014067 (In Russ.).

7. Nemereshina O. N., Gusev N. F. Features of the elemental composition of raw materials Linaria vulgaris (ordinary linen) in the zone of influence of gas processing production. *Izvestia of Orenburg State Agrarian University.* 2019; 5 (79);1.71:124–127 (In Russ.).

Информация об авторах

Щепетова Е. В. – кандидат биологических наук, доцент;
Абдурахманова Н. М. – кандидат химических наук, доцент.

Information about the authors

Schepetova E. V. – Candidate of Science (Biology), Assistant Professor;
Abdurakhmanova N. M. – Candidate of Science (Chemistry), Assistant Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.12.2023; одобрена после рецензирования 15.01.2024; принята к публикации 26.01.2024.

The article was submitted 25.12.2023; approved after reviewing 15.01.2024; accepted for publication 26.01.2024.

Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 140–144.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):140–144 (In Russ.).

Научная статья
УДК 911.3
https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_140

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАД ОБРАЩЕНИЕМ С БУРОВЫМИ ОТХОДАМИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Малюгин Даниил Васильевич[1]✉, Петров Юрий Владимирович[2]
[1,2]Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия
[1]daniil.maliughin@mail.ru✉
[2]petrov19811201@gmail.com

Аннотация. Деятельность компании ООО «РН-Уватнефтегаз» осуществляется в сложных геологических условиях, требующих соответствующего применения технологий в области бурения, что, соответственно, порождает проблему образования буровых отходов. Для организации устойчивого экологического мониторинга над данным процессом авторами предложена схема применения общедоступных материалов дистанционного зондирования Земли для верификации данных, которая может быть использована для применения в аналогичных природно-климатических и геологических условиях. Проанализированные данные позволяют нам посмотреть на деятельность ООО «РН-Уватнефтегаз» в области обращения с буровыми отходами и рекультивации мест утилизации буровых отходов. В данной работе представлены рекомендации по усовершенствованию системы обращения с буровыми отходами.

Ключевые слова: буровые отходы, экологический мониторинг, материалы дистанционного зондирования Земли, превентивные мероприятия, принятие управленческого решения

Для цитирования: Малюгин Д. В., Петров Ю. В. Организация производственного экологического мониторинга над обращением с буровыми отходами на основе применения материалов дистанционного зондирования Земли // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 1 (92). С. 140–144. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_140.

ORGANIZATION OF INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL MONITORING OVER THE MANAGEMENT OF DRILLING WASTE BASED ON THE USE OF EARTH REMOTE SENSING MATERIALS

Daniil V. Malyugin[1]✉, Yuri V. Petrov[2]
[1, 2]Tyumen State University, Tyumen, Russia
[1]daniil.maliughin@mail.ru✉
[2]petrov19811201@gmail.com

Abstract. The activity of LLC "RN-Uvatneftegaz" is carried out in difficult geological conditions, which requires the appropriate application of technologies in the field of drilling, which, accordingly, generates the problem of drilling waste formation. For the organization of sustainable environmental monitoring over this process, the authors proposed a scheme for the use of publicly available Earth remote sensing materials for data verification, which can be used for use in similar climatic and geological conditions. The analyzed data allow us to look at the activities of LLC RN-Uvatneftegaz in the field of drilling waste management and reclamation of drilling waste disposal sites. This paper presents recommendations for improving the drilling waste management system.

Keywords: drilling waste, environmental monitoring, Earth remote sensing materials, preventive measures, management decision-making

For citation: Malyugin D.V., Petrov Yu.V. Organization of industrial environmental monitoring over the management of drilling waste based on the use of Earth remote sensing materials. *Geology, Geography and Global Energy*. 2024;1(92):140–144. https://doi.org/10.54398/20776322_2024_1_140 (In Russ.).

С каждым годом увеличивается количество скважин, которые вводятся в эксплуатацию. В 2022 г. Россия нарастила объёмы бурения, тем самым поставив рекорд по бурению за последние 10 лет. На 2022 г. общее пробуренное расстояние оценивается в 28,4 тыс. км, а в 2009 цифра

© Малюгин Д. В., Петров Ю. В., 2024.

была существенно ниже 14 тыс. км. В настоящее время, когда большинство развитых стран ввели санкции против нашей экономики, такие высокие объемы обусловливаются несколькими факторами. Во-первых, основными поставщиками нефтепродуктов являются отечественные компании, которые составляют 85 % по стране. Во-вторых, некоторые иностранные нефтесервисные компании не покинули территорию России и на данный момент продолжают свою деятельность с некоторыми ограничениями [12].

С такой тенденцией роста объёмов бурения встаёт вопрос о необходимости развития экологической устойчивости природных экосистем.

Буровые отходы состоят из основных фракций: 1) буровой шлам; 2) отработанный буровой раствор; 3) буровые сточные воды.

Буровой шлам представляет собой частицы горной породы, которые образуются при буровых работах. Буровые шламы при попадании в окружающую среду оказывают отрицательное воздействие на природные компоненты и на человека, так как в них содержатся различные токсичные элементы, в том числе тяжёлые металлы. Токсическое воздействие буровых шламов может проявляться в накоплении токсинов в живых организмах (поступление по пищевой цепочке) и растениях, может попадать в водные объекты, а далее ко всем участникам окружающей среды (рыбы, растения и т. д.).

Отработанный буровой раствор – это суспензия твёрдых веществ, растворённых в жидкости (нефть или вода) или с химическими добавками. Он применяется для смазки и охлаждения бурового оборудования, компенсации пластового давления. Так же как и буровой шлам, отработанный буровой раствор содержит тяжёлые металлы – As, Ba, Cd, Fe, Pb, Hg, Ni, Zn и др. [4].

Буровые сточные воды – это воды, которые используются для промывки бурового инструмента, оборудования или инструментов, содержащих частицы буровых растворов, химреагентов и нефти [5].

Места хранения буровых отходов называются шламовыми амбарами. Шламовый амбар – это выкопанная яма посреди буровой площадки, которая заполняется буровыми отходами, поступающими из буровой установки.

Рекультивация территории на месте утилизации буровых отходов является необходимым шагом, ведущим к минимизации негативного воздействия на компоненты окружающей среды. Правильное проведение процесса рекультивации позволит восстановить природные экосистемы и предотвратить загрязнение антропогенного характера [3].

В пример рекультивации можно взять группу месторождений ООО «РН-Уватнефтегаз», а именно Кальчинское месторождение. Оно было открыто в 1992 г. и работает по сей день.

Проанализировав территорию Кальчинского месторождения, можно видеть, что природовосстановительные работы выполняются около кустовых площадок. В 2016 г. вблизи кустовых площадок наблюдались нарушенные ландшафты, на которых утилизировались и временно хранились буровые отходы (рис. 1). Работы по бурению были достаточно давно, если сравнивать с датой открытия месторождения, но если сравнить космоснимки в период с 2016 по 2023 г. можно наблюдать, что почва достаточно восстановилась, чтобы на ней начался рост зелёных насаждений, кустарниковых и древесных (рис. 2).

Согласно новостным источникам, в 2019 г. ООО «РН-Уватнефтегаз» внедрил инновационный метод обращения с отходами бурения. Метод состоит в том, что при бурении буровые отходы выбрасываются в приёмные ёмкости на кустовых площадках и потом обратно закачиваются в недра глубиной до 2000 м [11]. Это делается с целью минимизации негативного влияния на окружающую среду и предотвращения загрязнения поверхностных и подземных вод.

Одним из основных методов закачки буровых отходов является использование специальных скважин – инъекционных скважин. При этом отходы перемещаются через специальные трубопроводы и закачиваются на определённую глубину, где они не представляют угрозы для окружающей среды.

Перед закачкой буровых отходов в недра проводится ряд превентивных мероприятий для обеспечения безопасности и предотвращения негативных последствий. Это включает в себя анализ состава отходов, испытания на устойчивость скважин и контроль параметров окружающей среды [2].

Рисунок 1 – Космоснимок Кальчинского месторождения в 2016 г.

Рисунок 2 – Космоснимок Кальчинского месторождения в 2023 г.

Ещё один способ использования буровых отходов – это применение в качестве материала для укрепления дорожного основания. Буровые отходы могут быть смешаны с грунтом и использованы для создания защитного основания дороги. Это позволяет утилизировать отходы, снизить расходы на покупку дополнительного материала и улучшить качество дорожного покрытия [2].

Рассмотрев обращение с буровыми отходами, мы выяснили, что на месторождениях ООО «РН-Уватнефтегаз» выделяют 2 основных типа утилизации буровых отходов: 1) закачка их в недра на большую глубину около 2 км; 2) утилизация посредством применения различных технологий для получения строительного материала.

Таким образом, на основе изученных снимков видно, что ООО «РН-Уватнефтегаз» выполняет природовосстановительные работы на Кальчинском месторождении. Организация производственного экологического мониторинга позволяет контролировать и улучшать процесс обращения с буровыми отходами, снижая их негативное воздействие на окружающую среду [6].

Из всего вышеуказанного можно выделить этапы организации производственного экологического мониторинга над обращением с буровыми отходами:

1. Определение целей и задач мониторинга. Необходимо определить, какие параметры и показатели будут измеряться и контролироваться в процессе обращения с буровыми отходами.

2. Проведение мониторинга. Согласно разработанному плану, необходимо проводить регулярный отбор проб и их анализ.

3. Анализ результатов. Полученные данные необходимо анализировать и сравнивать с установленными нормами и стандартами, а также между результатами прошлых лет.

4. Усовершенствование. На основе результатов экологического мониторинга необходимо проводить анализ эффективности применяемых методов утилизации буровых отходов посредством лабораторных исследований, представлять инновационные разработки методов переработки буровых отходов на конференциях разного уровня, проводить ретроспективный анализ для возможности прогноза на будущее.

Список литературы

1. Журавлева В. В. Использование рекультивационных смесей для утилизации отходов нефтедобычи // Бюллетень науки и практики. 2017. № 6 (19). С. 130–139.
2. Власов А. С., Пугин К. Г., Тюрюханов К. Ю., Глушанкова И. С., Рудакова Л. В. Использование отходов бурения в составе дорожно-строительных материалов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. № 3 (30). С. 510–521.
3. Малышкин М. М. Рекультивация шламовых амбаров путем засадки растениями // Записки Горного института. 2007. С. 119–120.
4. Климова А. А., Язиков Е. Г., Шайхиев И. Р. Минералого-геохимическая специфика буровых шламов нефтяных месторождений на примере объектов Томской области // Известия ТПУ. 2020. С. 102–114.
5. Масленникова Е. В., Ермаков В. В. Интенсификация очистки высококонцентрированных буровых сточных вод с использованием биохимических стимуляторов // Вестник МГСУ. 2020. № 9. С. 1274–1284.
6. Малюгин Д. В. Современные возможности организации экологического мониторинга // Глобальные и региональные аспекты устойчивого развития: современные реалии. Грозный: ЧГУ, 2020. С. 520–522.
7. Малюгин Д. В., Петров Ю. В. Государственный экологический надзор: организация и тренды развития (на примере Тюменской области) // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». Санкт-Петербург: Нацразвитие, 2020. С. 14–16.
8. Малюгин Д. В., Петров Ю. В. Загрязнение тяжёлыми металлами грунтовых вод, снега и почв Восточного административного округа г. Тюмени // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2022. Т. 7, № 3 (29). С. 38–45.
9. Боев В. М., Зеленина Л. В., Кудусова Л. Х., Кряжева Е. А., Зеленин Д. О. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением депонирующих сред тяжелыми металлами // Анализ риска здоровью. 2022. № 1. С. 17–26.
10. Кочуров Б. И. Геоэкодиагностика: основные положения, направления, способы // Юг России: экология, развитие. 2007. Т. 2, № 3. С. 18–23.
11. «В «Уватнефтегазе» внедряются новые методы утилизации бурового шлама» // РИА-ФедералПресс. 2019. URL: https://news.rambler.ru/ecology/42292255-v-uvatneftegaze-vnedryayutsya-novye-metody-utilizatsii-burovogo-shlama/.
12. Russia Did Most Oil Drilling in Decade Even as Sanctions Hit // Bloomberg News. 2023. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-02-14/russia-did-most-oil-drilling-in-a-decade-even-as-sanctions-hit?srnd=premium-europe.

References

1. Zhuravleva V. V. The use of reclamation mixtures for the disposal of oil production waste. *Bulletin of Science and Practice.* 2017 ; 6 (19):130–139 (In Russ.).
2. Vlasov A. S., Pugin K. G., Tyuryukhanov K. Yu., Glushankova I. S., Rudakova L. V. Use of drilling waste in road construction materials. *News of Universities. Investments. Construction. Real Estate.* 2019; 3(30):510–521 (In Russ.).

3. Malyshkin M. M. Recultivation of sludge pits by planting plants. *Notes of the Mining Institute*: 2007:119–120 (In Russ.).

4. Klimova A. A., Yazikov E. G., Shaikhiev I. R. Mineralogical and geochemical specificity of drilling cuttings of oil fields on the example of objects of the Tomsk region. *Izvestia TPU*; 2020:102–114 (In Russ.).

5. Maslennikova E. V., Ermakov V. V. Intensification of treatment of highly concentrated drilling waste-water using biochemical stimulants. *Bulletin of MGSU.* 2020; 9:1274–1284 (In Russ.).

6. Malyugin D. V. Modern possibilities for organizing environmental monitoring. *Global and regional aspects of sustainable development: modern realities.* Grozny: ChSU; 2020:520–522 (In Russ.).

7. Malyugin D. V., Petrov Yu. V. State environmental supervision: organization and development trends (on the example of the Tyumen region). *Collection of selected articles based on the materials of scientific conferences of the State Research Institute "National Development".* St. Petersburg: National Development; 2020:14–16 (In Russ.).

8. Malyugin D. V., Petrov Yu. V. Heavy metal pollution of groundwater, snow and soils of the Eastern Administrative District of Tyumen. *Grozny Natural Science Bulletin.* 2022; 7;3(29):38–45 (In Russ.).

9. Boev V. M., Zelenina L. V., Kudusova L. H., Kryazheva E. A., Zelenin D. O. Hygienic assessment of the carcinogenic risk to public health associated with contamination of depositing media with heavy metals. *Health Risk Analysis.* 2022; 1:17–26 (In Russ.).

10. Kochurov B. I. Geoecodiagnostics: basic provisions, directions, methods. *South of Russia: Ecology, Development.* 2007; 2(3):18–23 (In Russ.).

11. "Uvatneftegaz is introducing new methods of drilling cuttings disposal" Rambler reports this. *RIA-FederalPress.* 2019. URL: https://news.rambler.ru/ecology/42292255-v-uvatneftegaze-vnedryayutsya-novye-metody-utilizatsii-burovogo-shlama/ (In Russ.).

12. «Russia Did Most Oil Drilling in Decade Even as Sanctions Hit». *Bloomberg News.* 2023. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-02-14/russia-did-most-oil-drilling-in-a-decade-even-as-sanctions-hit?srnd=premium-europe (In Russ.).

Информация об авторах

Малюгин Д. В. – магистрант;
Петров Ю. В. – доцент, кандидат географических наук.

Information about the authors

Malyugin D. V. – undergraduate;
Petrov Yu. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.11.2023; одобрена после рецензирования 12.12.2023; принята к публикации 17.01.2024.

The article was submitted 11.11.2023; approved after reviewing 12.12.2023; accepted for publication 17.01.2024.

АННОТАЦИЯ

Решение проблемы снижения приемистости водонагнетательных скважин путём применения энзимной кислотной обработки с использованием состава “Smartflow” для поддержания пластового давления при эксплуатации скважин на месторождении В. Филановского. Орнитофауна неохотничьих видов Астраханской области: аннотированный список. Оценка влияния географического положения региона на фракционирование изотопов $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ в премиальных растительных маслах. Аккумулирование тяжёлых металлов в дельтовой части реки Волги тростником южным (*Phragmites australis L.*). Результаты противоградовой защиты на территории Центрального Кавказа. Мониторинг биоразнообразия наземных экосистем в районе разработки нефтегазоконденсатных месторождений Западной Сибири. Специфика реестровых ошибок в сведениях Единого государственного реестра недвижимости и способы их исправления. Агролесомелиорация в Мордовии как средство адаптации к изменению климата (в свете научного наследия В. В. Докучаева и Г. Г. Данилова). Оценка воздействия на окружающую среду «Ялтинского горно-лесного природного заповедника». Диффузионные особенности транспорта ионов меди (II) в сорбционной системе «Модельный раствор – сорбент естественного происхождения». Анализ использования методов биологической очистки сточных вод на территории Российской Федерации. Применение данных дистанционного зондирования Земли для анализа особенностей сельскохозяйственного использования геосистем ландшафта дельты Волги. Мирэкология: геоэкологические аспекты устройства и функционирования современной Миросистемы. Геоэкологические проблемы Приэльбрусья. Влияние техногенной нагрузки на биохимические показатели растений. Организация производственного экологического мониторинга над обращением с буровыми отходами на основе применения материалов дистанционного зондирования Земли.

Материалы представляют интерес для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям Науки о Земле, для преподавателей вузов, а также для работников производственных организаций топливно-энергетического комплекса, экологического направления, геологоразведочных предприятий.

ABSTRACT

Solving the problem of reducing the injectivity of water injection wells by using enzymatic acid treatment using the “Smartflow” composition to maintain reservoir pressure during the operation of wells at the V. Filanovsky field. Ornithofhauna of non-game species of the Astrakhan region: annotated list. Assessment of the impact of the region geographical position on the fractionation of isotopes $^{13}C/^{12}C$; $^{18}O/^{16}O$; $^{2}H/^{1}H$ in premium vegetable oils. Accumulation of heavy metals in the delta of the Volga River by southern reed. Results of anti-hail protection on the central Caucasus territory. Biodiversity monitoring of terrestrial ecosystems in the area of development of gas fields in Western Siberia. Specifics of registry errors in the information of the Unified State Register of Legal Entities and ways to correct them. Agroforestry in Mordovia as a means of adaptation to climate change (in the light of the scientific heritage of V.V. Dokuchaev and G.G. Danilov). Environmental impact assessment “Yalta Mountain-Forest Nature Reserve”: problems and solutions. Diffusion features of transport of copper (II) ions in the sorption system “model solution-sorbent of natural origin”. Analysis of methods of biological wastewater treatment in the territory of the Russian Federation. A remote sensing approach for agricultural analysis of the Volga river landscape geosystem. World-ecology: geo-ecological aspects of modern World-system structure and functioning. Geoecological problems of the Elbrus region. Impact of man-made load on some biochemical parameters of plant. Organization of industrial environmental monitoring over the management of drilling waste in LLC RN-Uvatneftegaz based on the use of Earth remote sensing materials.

The materials are of interest to undergraduate and graduate students studying in the areas of Earth sciences for academics, as well as for employees of industrial organizations of the fuel and energy sector, environmental trends, exploration companies.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА

Уважаемые авторы!

Журнал «Геология, география и глобальная энергия» публикует результаты научных исследований российских и зарубежных авторов на русском языке.

Редакция принимает статьи, соответствующие тематике журнала и нижеизложенным требованиям. Присылаемые рукописи должны быть актуальными, обладать научно-практической значимостью и новизной.

Помимо публикации научных статей по указанным направлениям, в журнале существует рубрика «История науки», в которой публикуются статьи, освещающие различные аспекты истории, связанные с науками о Земле.

Две статьи самостоятельно одного и того же автора не могут быть опубликованы в одном выпуске журнала.

Обязательным для авторов является выполнение публикационной этики журнала.

Принимаются статьи, снабженные следующими необходимыми компонентами:

1. Текст статьи.
2. Аннотация и ключевые слова (в том же файле, где текст на русском и английском языках).
3. Список литературы (в том же файле, где текст на русском и английском языках).
4. Сведения об авторах.
5. Экспертное заключение о возможности опубликования.
6. Справка проверки статьи на антиплагиат.

Требования к оформлению необходимых компонентов:

1. Текст статьи на русском языке. Статьи принимаются на электронную почту редакции geologi2007@yandex.ru, abarmin60@mail.ru. Не допускается направление в редакцию статей, уже публиковавшихся или посланных на публикацию в другие журналы. Необходимо указывать номер УДК.

2. Аннотация и ключевые слова. Объем аннотации не должен превышать 250 слов, ключевых слов должно быть не менее 5 и не более 15 слов (словосочетаний). Их приводят, предваряя словами «Ключевые слова:» ("Keywords:"), и отделяют друг от друга запятыми. После ключевых слов точку не ставят. По аннотации читатель должен определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации.

В аннотации должны быть по пунктам прописаны:

- актуальность работы;
- цель работы;
- метод или методология проведения работы;
- результаты работы и область их применения;
- выводы.

Перевод аннотации, ключевых слов и списка литературы на английский язык осуществляется авторами качественным переводом. Перевод с помощью электронных переводчиков не рекомендуется.

3. Список литературы располагают после информации об авторах и их вкладе с предшествующими словами «Список литературы» на русском и английском языках. Использование названия «Библиографический список» и «Библиография» не рекомендуется. Ссылки на источники должны идти в тексте по порядку – 1, 2, 3. В тексте ссылки заключаются в квадратные скобки. Количество ссылок в тексте должно соответствовать количеству источников литературы в библиографическом списке. Упоминания ГОСТ, СНиП, правил безопасности, нормативных, законодательных и других документов, а также ссылок на неофициальные источники в интернет рекомендуется приводить в тексте статьи или в сносках, не вынося в список литературы. Список литературы должен содержать современные зарубежные статьи (не старше 5 лет издания). Список литературы должен содержать не менее 15 источников, из которых должно быть не более двух собственных работ автора. Наличие в списке литературы учебников без грифа Минобрнауки РФ и его подразделений, учебных и методических пособий, указаний по курсовому и дипломному проектированию, производственных и научных отчетов, выпускных квалификационных работ, конспектов лекций для студентов не допускается.

Индекс УДК помещают в начале статьи на отдельной строке слева.

DOI статьи приводят по ГОСТ Р ИСО 26324 и располагают после индекса УДК отдельной строкой слева. В конце DOI точку не ставят. Допустимо приводить DOI в форме электронного адреса в сети Интернет.

Пример оформления:
Научная статья
УДК 627.1
doi 10.54398/20776322_2023_2_9

При оформлении списка литературы у ВСЕХ публикаций, имеющих DOI (особенно это касается иностранных публикаций), эти DOI должны быть указаны (в виде гиперссылок).

Пример оформления: 10. Henry D. J., Novák M., Hawthorne F. C., Ertl A., Dutrow B. L., Uher P., Pezzotta F. Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. *Amerikanskiy mineralog = American Mineralogist*, 2011. Vol. 96:895–913. https://doi.org/10.2138/am.2011.3636. Ссылки должны быть работающими!

В статье печатного издания при наличии её идентичной электронной версии указывают DOI или электронный адрес статьи в сети Интернет.

4. Сведения об авторах. Необходимо указать на русском языке ФИО, должность, ученую степень и звание, место работы (учебы) с указанием полного почтового адреса, а также контактный e-mail, контактный телефон и номер ORCID ID (аккаунт ORCID обязательно должен содержать информацию о месте работы автора и актуализированный перечень публикаций – все это на английском языке, в случае отсутствия перевода – транслитерацией).

5. Экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати.

Авторы могут получить экспертное заключение в организации или вузе по месту работы или учебы и отправить скан-копию заключения на электронную почту редакции.

Плата за публикацию аспирантов не взимается.

Оформление статей

1. Редактор – Microsoft Word, гарнитура – Minion Pro, в случае её отсутствия – Times New Roman. Поля документа: левое – 2 см, остальные – 1,5 см. Кегль 10, одинарный интервал. Абзацный отступ 0,75. Страницы нумеруются. Не допускаются пробелы между абзацами.

2. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все сокращения в тексте, рисунках, таблицах должны быть расшифрованы.

3. Формулы должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation и пронумерованы, если в тексте имеются ссылки на них. При наборе формул и текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры – прямым шрифтом. Кегль шрифта в формулах должен совпадать с кеглем шрифта основного текста. Тригонометрические знаки (sin, cos, tg, arcsin и т. д.), знаки гиперболических функций (sh, ch, th, cth и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (lim, In, arg, grad, const и т. д.), числа или критерии (Re – Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал (ºC – градусы Цельсия и т. д.) набираются прямым шрифтом.

4. Физические единицы приводятся в системе СИ.

Графический материал

Изображения должны быть четкими, контрастными. Таблицы, рисунки, схемы должны быть пригодными для правки. Таблицы и схемы, сканированные как изображения, не принимаются.

На картах обязательно указывается масштаб. На чертежах, разрезах, картах должно быть отражено минимальное количество буквенных и цифровых обозначений, а их объяснение – в подрисуночных подписях.

Подрисуночная подпись должна быть набрана 8 кеглем, основной текст в таблице – 8 кеглем, шапка таблицы – 8 кеглем. Гарнитура текста в рисунках и таблицах – Arial, кегль 8.

Примеры оформления списка литературы

Монографии

Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Москва: Мир, 2020. 280 с.

Статьи в периодических изданиях

Абатурова И. В., Грязнов О. Н. Инженерно-геологические условия месторождений Урала в скальных массивах // Изв. вузов. Горный журнал. 2018. № 6. С. 160–168.

Авторефераты диссертации

Овечкина О. Н. Оценка и прогноз изменения состояния геологической среды при техногенном воздействии зданий высотной конструкции в пределах города Екатеринбурга: автореф. … дис. канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 24 с.

Авторам необходимо представить справку о проверке статьи в системе «Антиплагиат». При необходимости редколлегия журнала оставляет за собой право на дополнительную проверку текста статьи в системе «Антиплагиат», а также получить заключение экспертной комиссии (государственная тайна) и заключение внутривузовской комиссии экспортного контроля (ВКЭК) о возможности открытого публикования (пр. № 08-01-01/761 от 10.08.2016 г.).

Реквизиты для оплаты публикаций:

Наименование получателя: УФК по Астраханской области
(ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
университет» л/с 20256Ц14780)

ИНН 3016009269

КПП 301601001

Банк: Отделение Астрахань Банка России // УФК по Астраханской области
г. Астрахань

Единый казначейский счёт
№ 40102810445370000017

Казначейский счёт
№ 03214643000000012500

код ОКТМО 12701000

код ОГРН 1023000818554

БИК 011203901

Лицевой счет 20256Ц14780

Обязательно указывать назначение платежа: размещение статьи, Ф.И.О. автора, название и номер журнала, название статьи. К статье прикладывается чек-ордер оплаты.

Статьи направлять по адресу:

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Бармину Александру Николаевичу, тел. 8 (8512) 24-66-50, 8-908-618-41-96 (моб.)

Электронный адрес редколлегии журнала: geologi2007@yandex.ru, abarmin60@mail.ru.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 170–175.
Geology, Geography and Global Energy. 2024;1(92):170–175 (In Russ.).

Научная статья
УДК 502.35 + 911.6
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_170

РОЛЬ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОЛАНДШАФТОВ ПРИКАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Бармин Александр Николаевич
Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
abarmin60@mail.ru

Аннотация. В условиях современной трансформации природных комплексов вследствие урбанизации и техногенеза изучение влияния антропогенной деятельности на формирование ландшафтов аридных территорий неизменно сохраняют высокую актуальность. Главной особенностью аридных территорий является хрупкость и неустойчивость их ландшафтов, и высокая подверженность трансформации их территориальных комплексов. Современная градация ландшафтов Астраханской области не учитывает техногенное влияние, в связи с чем предполагается актуальным вопрос районирования ландшафтов Астраханской области с точки зрения техногенного влияния.

Ключевые слова: ландшафт, опасность, аридная территория, опасный производственный объект, промышленность, техногенное воздействие, районирование

Для цитирования*:* Для цитирования: Бармин А. Н. Роль региональных особенностей в формировании техноландшафтов Прикаспийского региона // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 170–175. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_170.

THE ROLE OF REGIONAL FEATURES IN THE FORMATION OF TECHNOLANDSCAPES OF THE CASPIAN REGION

Barmin A. Nikolaevich
Asrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
abarmin60@mail.ru

Abstract. In the conditions of modern transformation of natural complexes due to urbanization and technogenesis, the study of the influence of anthropogenic activity on the formation of landscapes of arid territories invariably remains highly relevant. The main feature of arid territories is the fragility and instability of their landscapes and the high susceptibility to transformation of their territorial complexes. The modern gradation of the landscapes of the Astrakhan region does not take into account the technogenic influence in connection with it, the issue of zoning the landscapes of the Astrakhan region from the point of view of technogenic influence is assumed to be relevant.

Keyword: landscape, danger, arid territory, hazardous production facility, industry, manmade impact, zoning

For citation: Barmin A. N. Restoration of the ecological state of water bodies of the Volga River delta. Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):170–175 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_170.

ТЕКСТ СТАТЬИ (на русском языке)

Информация об авторах

Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор.

Information about the authors

Barmin A. N. — Doctor of Sciences (Geographical), Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Список литературы

1. Балышева О. Л. Материалы для акустоэлектронных устройств. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный ун-т аэрокосмического приборостроения, 2005. 50 с.
2. Auld B. A. Acoustic Fields and Waves in Solids. New York: John Wiley & Sons, 1973. 300 p.

References

1. Balysheva O. L. Works for akustoelektronny devices. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation Publ.; 2005:50.
2. Auld B. A. Acoustic Fields and Waves in Solids. New York: John Wiley & Sons Publ.; 1973:300.

Статья поступила в редакцию 15.11.2021; одобрена после рецензирования 17.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 17.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

RULES FOR THE AUTHORS OF THE JOURNAL

The journal publishes the theoretical, review (of problem nature) and experimental and research articles on geology, geography, history of formation of these sciences, short reports and information on the new methods of experimental researches, and also the works covering the up-to-date technologies of prospecting and developing minerals etc.

The journal publishes the information on jubilee dates, new publications of the University Publishing House on geology and geography, the information on forthcoming and held scientific conferences, symposiums, congresses.

The journal publishes the materials not been published earlier in other periodical editions.

The journal "Geology, Geography and Global Energy" is included in the List of the conducting reviewed scientific journals and editions in which the main scientific results of theses on competition of an academic degree of the doctor and candidate of science have to be published on the field of science 25.00.00 "Earth Science".

Publication frequency is 4 times a year. The volume of publications: review articles – up to 1 printed sheets (16 pages), original articles – up to 0,5 printed sheets (8–10 pages), information on jubilee dates, conferences etc. – up to 0,2 printed sheets.

Article design. Editor Word Windows, type Times New Roman, 14, interlinear interval – 1, paper format A4; margins: left one – 2,5 cm, right one – 2,5 cm, upper and lower ones – 2,5 cm, break line – 1,27 cm, pagination is overhead to the right.

The dimension of all units of measurement is in the size of SI; the names of chemical compounds are in accordance with the IUPAC recommendation.

Tables. Type Times New Roman, 10. The table width is 13 cm, a book turn. In the right corner there is word “Table” with serial number, through an interval – the title of the table (bold one, on centre, 10).

Formulae. Superlinear and interlinear indices – type Times New Roman, 11; mathematical symbols – type Times New Roman, 18; letters of the Greek alphabet – type Times New Roman, 14. The formulae should be typed without indention from the left edge.

Photos, figures, diagrams, graphs, schemes are only black-and-white. The width of photos, figures, diagrams, graphs, schemes is no more than 13 cm.

We ask to send to the address of the editorial board: electronic and printed text of the article; enclose with the article the accompanying letter of the author’s supervisor with indication of full names, patronymic names and last names of the authors, scientific rank, post, names of chair, institution and also e-mail, contact phone numbers.

Send the articles to e-mail: geologi2007@yandex.ru.

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ

1. Поступающая в редакцию статья рассматривается на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению и регистрируется с присвоением ей индивидуального номера. Редакция в течение трёх дней уведомляет авторов о получении рукописи статьи. Рукописи, оформленные не должным образом, не рассматриваются.

2. Рукописи всех статей, поступивших в редакцию журнала, подлежат обязательному рецензированию. К рецензированию привлекаются ученые, доктора наук, обладающие неоспоримым авторитетом в сфере научных знаний, которой соответствует рукопись статьи. Рецензентом не имеет права быть автор (или один из авторов) рецензируемой статьи. Рецензенты информируются о том, что рукописи статей являются частной собственностью их авторов и представляют собой сведения, исключающие их разглашение и копирование.

3. В случаях, когда редакция журнала не располагает возможностью привлечь к рецензированию эксперта подобающего уровня в сфере знаний, к которой имеет отношение рукопись, редакция обращается к автору с просьбой предоставить внешнюю рецензию. Внешняя рецензия предоставляется при подаче статьи (что, тем не менее, не исключает принятый порядок рецензирования). Рецензии обсуждаются редколлегией, являясь причиной для принятия или отклонения рукописей. Рукопись, адресуемая в редакцию, также может сопровождаться письмом из направляющей организации за подписью ее руководителя.

4. Рецензия должна беспристрастно давать оценку рукописи статьи и заключать в себе исчерпывающий разбор ее научных достоинств и недостатков. Рецензия составляется по предлагаемой редакцией форме или в произвольном виде и должна освещать следующие моменты: научную ценность результатов исследования, актуальность методов исследования и статистической обработки данных, уровень изучения научных источников по теме, соответствие объема рукописи статьи в общем и отдельных ее элементов в частности, т. е. текста, таблиц, иллюстраций, библиотечных ссылок. В завершающей части рецензии необходимо изложить аргументированные и конструктивные выводы о рукописи и дать ясную рекомендацию о необходимости либо публикации в журнале, либо переработки статьи (с перечислением допущенных автором неточностей и ошибок).

5. Если в рецензии на статью сделан вывод о необходимости ее доработки, то она направляется автору на доработку вместе с копией рецензии. При несогласии автора с выводами рецензента, автор вправе обратиться в редакцию с просьбой о повторном рецензировании или отозвать статью (в этом случае делается запись в журнале регистрации). Тогда новой датой поступления в редакцию журнала доработанной статьи считается дата ее возвращения. Доработанная статья направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту. Редакция журнала оставляет за собой право отклонения рукописи статьи в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания рецензента.

6. Срок рецензирования между датами поступления рукописи статьи в редакцию и вынесения редколлегией решения в каждом отдельном случае определяется ответственным секретарем с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи, но не более 2-х месяцев со дня получения рукописи.

7. Рецензии на статьи предоставляются редакцией экспертным советам в ВАК по их запросам.

8. Редакция журнала не сохраняет рукописи статей, не принятые к публикации. Рукописи статей не возвращаются.

9. Редакция журнала не несет ответственности за достоверность информации

Главный редактор: Бармин А. Н.

ORDER OF REVIEWING

1. The article submitted to the editorial staff is considered for conformity with the Journal profile, the requirements for execution and is registered with the assignment the individual number to it. The editorial staff informs the authors of the receipt of the manuscript within 3 days. The manuscripts which are not formalized properly are not considered.

2. The manuscripts of all articles received by the editorial staff are subject to obligatory reviewing. The scientists, doctors of science who has an indisputable authority in the sphere of scientific knowledge, to which the manuscript corresponds, are engaged in reviewing. The author (or one of the authors) of the reviewing article has no right to be a reviewer. The reviewers are informed that the article manuscripts are a private property of their authors and represent the information not subject to disclosure and copying.

3. In cases when the editorial staff of the journal does not have the opportunity to bring to reviewing the expert of the corresponding level in the field of knowledge, to which the manuscript relates, the editorial staff appeals to the author to provide an external review. The external review is available when submitting the article (that, nevertheless, does not exclude the accepted order of reviewing). Being the reason for receipt or rejection of the manuscripts the reviews are discussed by the editorial board. The manuscript, addressed to the editorial staff, may be accompanied by a letter from the directing organization which is signed by its leader.

4. The review should impartially evaluate the manuscript and encompass an exhaustive analysis of its scientific merits and demerits. The review is compiled according to the form proposed by the editors or in any form and should cover the following points: the scientific value of the research results, the relevance of research methods and statistical data processing, the level of study of scientific literature on the subject, the accordance of the volume of the manuscript in general and its separate elements in particular that is the text, tables, illustrations, library references. In the final part of the review it is necessary to state the reasoned and constructive conclusions about the manuscript and give a clear recommendation on the need of publication in the journal or processing the article (listing the inaccuracies and errors admitted by the author).

5. If in a review article concluded the need for its revision, it is sent to the author for revision together with a copy of the review. In case of disagreement with the conclusions of the author of the reviewer, the author is entitled to apply to the editor with a request to reconsider or withdraw the paper reviewing (in this case, an entry is made in the log). Then the new date of admission to the journal articles modified is the date of her return. Modified article is sent for re- reviewing the same reviewer. Editorial Board reserves the right to reject the manuscript in case of inability or unwillingness to accommodate the wishes of the author of the reviewer.

6. Review period between the date of receipt of the manuscript to the editor and the editorial board of rendering decisions in each case determined by the executive secretary with the creation of conditions for the most rapid publication of articles, but not more than 2 months from the date of receipt of the manuscript.

7. Reviews of articles edited by expert advice provided in the WAC at their request.

8. Editorial Board does not keep the manuscript papers not accepted for publication. Manuscripts will not be returned.

9. Editorial Board is not responsible for the accuracy of the information.

Editor-in-Chief A. N. Barmin

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2024. № 1 (92)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
Федеральной службы по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций
ПИ № ФС77-32762 от 08 августа 2008 г.

Учредитель:
Астраханский государственный университет
Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Адрес редакции:
Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Адрес издателя:
Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Подписной индекс – 11173
по каталогу периодических изданий (газеты и журналы)

Издание включено в интернет-каталог
ООО «Урал-Пресс»»

Главный редактор –
доктор географических наук А. Н. Бармин
Ответственный секретарь – Д. А. Бычкова

Компьютерная правка,
вёрстка Ж. О. Калниязовой

Редактирование Н. Н. Сахно

Дата выхода в свет: 15.05.2024 г.

Цена свободная
Заказ № 4593. Тираж 500 экз. (первый завод – 22 экз.)
Уч.-изд. л. 14,3. Усл. печ. л. 20,0

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а
тел. (8512) 24-66-60 (доп. 3, издательско-полиграфический отдел)
E-mail: asupress@yandex.ru
Отпечатано в Астраханской цифровой типографии
414040, г. Астрахань, пл. К. Маркса, 33
тел./факс (8512) 54-00-11, 73-40-40,
E-mail: a-d-t@mail.ru