

16+

ISSN 2077-6322

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В. Н. ТАТИЩЕВА

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2023. № 2 (89)

Журнал «Геология, география и глобальная энергия» включен в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по отраслям:

25.00.01 — Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки);

1.6.6 — Гидрогеология (геолого-минералогические науки);

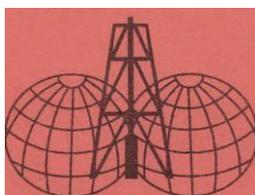
1.6.12 — Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки);

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)



Астрахань

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева

2023

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
2023. № 2 (89)

Главный редактор:

Бармин Александр Николаевич, д-р геогр. наук, профессор, профессор кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева

Заместитель главного редактора:

Попков Василий Иванович, д-р геол.-минерал. наук, профессор, профессор кафедры нефтяной геологии, гидрогеологии и геотехники Кубанского государственного университета

Редакционная коллегия:

Милинич Миролуб А., ординарный профессор Географического факультета Белградского университета, директор Центра Русского географического общества в Сербии;

Анисимов Леонид Алексеевич, д-р геол.-минерал. наук, профессор, профессор кафедры географии и картографии Волгоградского государственного университета;

Гончаренко Ольга Павловна, д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой петрографии и прикладной геологии Саратовского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского;

Спальсин Эдуард Саркисович, д-р геол.-минерал. наук, профессор Южного федерального университета;

Трофимов Виктор Титович, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова;

Чеснокова Ирина Васильевна, д-р геол.-минерал. наук, профессор, главный научный сотрудник Института водных проблем РАН;

Розенберг Геннадий Самуилович, чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник Института экологии Волжского бассейна РАН;

Корнилов Андрей Геннадьевич, д-р геогр. наук, профессор, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Белгородского государственного национального исследовательского университета;

Кулик Константин Николаевич, академик РАН, д-р сельхоз. наук, профессор, профессор кафедры экологии и природопользования Волгоградского государственного университета;

Луговской Александр Михайлович, д-р геогр. наук, профессор, профессор кафедры географии Московского государственного университета геодезии и картографии;

Чибилев Александр Александрович, академик РАН, д-р геогр. наук, профессор, научный руководитель Института степи Уральского отделения РАН;

Рулев Александр Сергеевич, д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник лаборатории прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН;

Тишков Аркадий Александрович, д-р геогр. наук, проф., чл.-корр. РАН, заведующий лабораторией биогеографии Института географии РАН;

Смолянинов Владимир Митрофанович, д-р геогр. наук, профессор кафедры географии и туризма Воронежского государственного педагогического университета;

Пьянков Сергей Васильевич, д-р геогр. наук, профессор, заведующий кафедрой картографии и геоинформатики, проректор по научной работе и инновациям Пермского государственного национального исследовательского университета;

Шацин Сергей Иванович, д-р геогр. наук, начальник УНИИД Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х. М. Бербекова;

Великородов Анатолий Валерьевич, д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой органической, неорганической и фармацевтической химии Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева;

Лихтер Анатолий Михайлович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики, и.о. руководителя научно-образовательного центра «Рациональное использование природных ресурсов» Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева;

Тырков Алексей Георгиевич, д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры органической, неорганической и фармацевтической химии Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева;

Валов Михаил Викторович, канд. геогр. наук, доцент, заведующий кафедрой экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева;

Бычкова Динара Абдулаевна, специалист по учебно-методической деятельности кафедры промышленной геологии, гидрогеологии и геохимии горючих ископаемых Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева (*ответственный секретарь*).

Журнал основан в январе 2001 года

Журнал выходит 4 раза в год

Статьи выражают точку зрения автора, с которой редколлегия может не соглашаться.

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

© Астраханский государственный университет имени
В. Н. Татищева, 2023

ISSN 2077-6322

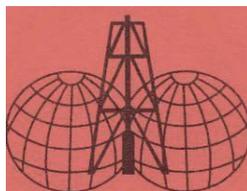
TATISHCHEV ASTRAKHAN STATE UNIVERSITY

**GEOLOGY, GEOGRAPHY
AND GLOBAL ENERGY**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

2023. No 2 (89)

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



Astrakhan
Tatishchev Astrakhan State University
2023

Recommended by the Editorial and Publishing Board
of Tatishchev Astrakhan State University

GEOLOGY, GEOGRAPHY AND GLOBAL ENERGY

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

2023. No 2 (89)

Editor Council:

Alexander N. Barmin, Doctor of Sciences (Geographical), Professor,
Tatishchev Astrakhan State University, Russia.

Deputy Council Editor:

Vasily I. Popkov, Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor,
Kuban State University, Krasnodar, Russia.

Editorial Board:

Milinchich Mirolyub A., Ordinary Professor of the Faculty of Geography of the University of Belgrade, Director of the Center of the Russian Geographical Society in Serbia;

Leonid A. Anisimov, Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Volgograd State University, Russia;

Olga P. Goncharenko, Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Head of the Department, Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky, Russia;

Eduard S. Sianisyan, Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia;

Viktor T. Trofimov, Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Lomonosov Moscow State University, Russia;

Irina V. Chesnokova, Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Chief Researcher, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

Gennady S. Rosenberg, corresponding member of the RAS, Doctor of Sciences (Biological), Professor, Chief Researcher, Institute of Ecology of the Volga Basin of the RAS, Tolyatti, Russia;

Andrey G. Kornilov, Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Head of the Department, Belgorod State National Research University, Russia;

Konstantin N. Kulik, Academician of the RAS, Doctor of Sciences (Agricultural), Professor, Volgograd State University, Russia;

Alexander M. Lugovskoy, Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Russia;

Alexander A. Chibilev, Academician of the RAS, Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Scientific Director, Institute of the Steppe, Ural Branch of the RAS, Orenburg, Russia;

Alexander S. Rulev, Doctor of Sciences (Agricultural), Professor, corresponding member of the RAS, Chief Researcher, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and protective afforestation of the RAS, Orenburg, Russia;

Arkady A. Tishkov, Doctor of Sciences (Geographical), Professor, corresponding member of the RAS, Head of Laboratory, Institute of Geography RAS, Moscow, Russia;

Vladimir M. Smolyaninov, Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Voronezh State Pedagogical University, Russia;

Sergey V. Pyankov, Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Head of the Department of Cartography and Geoinformatics, Vice-Rector for Research and Innovation, Perm State National Research University, Russia;

Sergey I. Shagin, Doctor of Sciences (Geographical), Head of UNIID of Kabardino-Balkarian State University named after Kh. M. Berbekova, Russia;

Anatoly V. Velikorodov, Doctor of Sciences (Chemical), Professor, Head of the Department, Tatishchev Astrakhan State University, Russia;

Anatoly M. Likhter, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Department, Acting Leader, Scientific and Educational Center "Rational Use of Natural Resources" of the Tatishchev Astrakhan State University, Russia;

Aleksey G. Tyrkov, Doctor of Sciences (Chemical), Professor, Tatishchev Astrakhan State University, Russia;

Mikhail V. Valov, Doctor of Sciences (Geographical), Associate Professor, Head of the Department, Tatishchev Astrakhan State University, Russia;

Dinara A. Bychkova, specialist in educational and methodological activities, Tatishchev Astrakhan State University, Russia
(*Executive Secretary*).

Published since 2001

The journal is published four times a year

Articles express the views of the author, which the editorial board can not agree.

All materials that come to the editorial board of the journal,
undergo independent review.

© Tatishchev Astrakhan State University, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Эфендеева М. С., Абудулхаликов Р. Р.</i> Комплексная характеристика бальнеоресурсов Астраханской области с перспективой их дальнейшей использования и восстановления.....	9
<i>Сергеев А. О., Бармин А. Н.</i> Геологические особенности выбора метода увеличения нефтеотдачи на месторождениях Западной Сибири.....	16
<i>Глебова Л. В., Енина Е. Д.</i> Грязевой вулканизм Таманского полуострова.....	22
<i>Попков В. И., Попков И. В., Дементьева И. Е.</i> Строение разреза триасовых отложений северного борта Южно-Мангышлакского прогиба	40
<i>Сергеев А. О., Бармин А. Н.</i> Классификация и исторические аспекты развития и применения методов увеличения нефтеотдачи	46
<i>Попков В. И., Попков И. В.</i> Тектоника триасовых отложений Жетыбай-Узеньской ступени Южно-Мангышлакского прогиба	53
<i>Ушаков К. М.</i> Минеральный состав продуктивного пласта Ярегского месторождения титановых руд	63

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

<i>Агоева Э. А., Бозиева Ж. Ч., Иттиев А. Б.</i> Параметры объектов окружающей среды Кавказского региона в аспекте глобальных климатических изменений	68
<i>Истомина С. А., Свиридов Л. И.</i> Вопросы геологического наследия на урбанизированных территориях	79
<i>Бозиева Ж. Ч.</i> Наблюдения за погодой в низкоргорной области Северного Кавказа.....	88
<i>Левыкин С. В., Казачков Г. В.</i> Абрис мамонтовых ландшафтов позднего плейстоцена в свете эоловой версии генезиса едом	93
<i>Яковлев И. Г.</i> Исчезнувшие и исчезающие населенные пункты: методические подходы к выявлению и их классификация.....	101

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Столярова Е. М., Бурукина Е. А.</i> Инвентаризация и мониторинг земель сельскохозяйственного назначения с применением геоинформационных технологий	106
<i>Терехова М. В.</i> Особенности выделения участков на землях лесного фонда под строительство линейных объектов	113

**ОКЕАНОЛОГИЯ
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

Добровольский И. А., Чирков В. А., Дерновский В. Л.
Численное моделирование закономерностей движения заряженной капли воды
в диэлектрической жидкости при воздействии сильного электрического поля 122

**ГЕОЭКОЛОГИЯ
(ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

Байчорова Э. М., Онищенко В. В.
Качество воздушной среды и здоровье населения
Карачаево-Черкесской Республики 130

Курмангалиева А. Р., Кособокова С. Р.
Рациональная модель озеленения г. Астрахани 139

Морозова Л. А., Муравина М. В., Дмитриев Е. А., Рязанова А. С.
Восстановление экологического состояния водных объектов дельты р. Волги 148

Парфентьев О. А., Троценко И. А., Корчевская Ю. В.
Дренаж как инструмент защиты селитебных территорий
от затопления и подтопления 152

Синцов А. В., Бармин А. Н., Синцова Н. В.
Антропогенная трансформация почвенного покрова
урбанизированных территорий Нижнего Поволжья 158

Шелест С. Н., Корчевская Ю. В., Троценко И. А.
Отвод поверхностного стока с территории жилой застройки 166

Татаринцев С. А., Бармин А. Н., Валов М. В., Беляев Д. Ю., Колчин Е. А.
Роль региональных особенностей в формировании техноландшафтов
Прикаспийского региона 170

**ГЕОЭКОЛОГИЯ
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

Анисимов Л. А., Донцова О. Л., Панина О. В., Кравцов Д. А.
Природно-техногенные катастрофы, спровоцированные буровыми работами 176

АННОТАЦИЯ 185

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА 186

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ 192

CONTENTS

GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

<i>Bystrova I. V., Smirnova T. S., Efendeeva M. S., Abudukhalikov R. R.</i> Comprehensive characteristics of the balneological resources of the Astrakhan region with the prospect of their further use and restoration	9
<i>Sergeev A. O., Barmin A. N.</i> Geological features of designing methods for enhanced oil recovery in the fields of Western Siberia	16
<i>Glebova L. V., Enina E. D.</i> Mud volcanism of the Taman Peninsula	22
<i>Popkov V. I., Popkov I. V., Dementieva I. E.</i> Structure of the section of the Triassic deposits of the northern side South Mangyshlak trough.....	40
<i>Sergeev A. O., Barmin A. N.</i> Classification and historical aspects of the development and application of enhanced oil recovery methods.....	46
<i>Popkov V. I., Popkov I. V.</i> Tectonics of the Triassic deposits of the Zhetybai-Uzen stage South Mangyshlak trough.....	53
<i>Ushakov K. M.</i> Mineral composition of the productive formation of the Yareg deposit of titanium ores	63

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

<i>Agoeva E. A., Bozieva Zh. Ch., Ittiev A. B.</i> Parameters of environmental objects in the Caucasus region in terms of global climate change.....	68
<i>Istomina S. A., Sviridov L. I.</i> Issues of geological heritage in urban areas	79
<i>Bozieva Zh. Ch.</i> Weather observations in the low mountain region North Caucasus	88
<i>Levykin S. V., Kazachkov C. V.</i> Abriss of Late Pleistocene mammoth landscapes in the light of the aeolian version of the yedoma genesis	93
<i>Yakovlev I. G.</i> Disappeared and disappearing settlements: methodological approaches to identification and their classification.....	101

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Stolyarova E. M., Burukina E. A.</i> Inventory and monitoring of agricultural land using geoinformation technology	106
<i>Terehova M. V.</i> Features of allocation of plots on the land of the forest fund for the construction of linear objects	113

OCEANOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

<i>Dobrovolskii I. A., Chirkov V. A., Dernovskiy V. L.</i> Numerical modeling of the regularities of motion of a charged water drop in a dielectric liquid under the influence of a strong electric field.....	122
--	-----

**GEOECOLOGY
(GEOGRAPHICAL SCIENCES)**

<i>Baychorova E. M., Onishchenko V. V.</i> Air quality and public health Karachay-Cherkess Republic.....	130
<i>Kurmangalieva A. R., Kosobokova S. R.</i> Rational model of landscaping in the city of Astrakhan.....	139
<i>Morozova L.A., Muravina M.V., Dmitriev E.A., Ryazanova A. S.</i> Restoration of the ecological state of water bodies of the Volga River delta.....	148
<i>Parfent'ev O. A., Trotsenko I. A., Korchevskaya Yu. V.</i> Drainage as a tool to protect residential areas from flooding and waterlogging	152
<i>Sintsov A. V., Barmin A. N., Sintsova N. V.</i> Anthropogenic transformation of the soil cover of the urbanized territories of the Lower Volga region.....	158
<i>Shelest S. N., Korchevskaya Yu. V., Trotsenko I. A.</i> Removal of surface runoff from the territory of residential development.....	166
<i>Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Valov M. V., Belyaev D. Yu., Kolchin E. A.</i> Restoration of the ecological state of water bodies of the Volga River delta	170

**GEOECOLOGY
(GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)**

<i>Anisimov L. A., Dontsova O., Panina O., Kravtsov D.</i> Natural and man-made disasters provoked by drilling operations	176
--	-----

ABSTRACT	185
-----------------------	-----

RULES FOR AUTHORS	186
--------------------------------	-----

ORDER OF REVIEWING	192
---------------------------------	-----

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 9–15.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):9–15 (In Russ.).

Научная статья
УДК 615.327, 615.838, 551.83, 551.86
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_9

КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАЛЬНЕОРЕСУРСОВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПЕРСПЕКТИВОЙ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Быстрова Инна Владимировна¹, Смирнова Татьяна Сергеевна²✉, Эфендеева Маргарита Сергеевна³, Абулдухаликов Рунис Растямович⁴
^{1,2,3,4} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
¹ innabistrova1948@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3675-2485>
² juliet_23@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3697-9797>
³ margoopopovaa0312@mail.ru
⁴ run_abd@mail.ru

Аннотация. Актуальность данной статьи заключается в раскрытии причинно-следственных связей между основными бальнеоресурсами, расположенными на территории Астраханской области, с целью их использования их в оздоровительно-лечебных целях. Авторами данной работы рассмотрены вопросы формирования природных бальнеологических ресурсов, основные этапы их освоения и дальнейшее расширение для курортотечения не только нашей области, но и ближнего и дальнего зарубежья. На основе результатов и анализе соотношения компонентов, которые приурочены к подземным водам Астраханского региона, на эмпирическом и теоретическом уровнях нами установлено, что минеральные воды по своему химическому составу являются основой для использования их в бальнеологии. Несмотря на то, что имеющиеся запасы бальнеоресурсов используются в настоящее время весьма незначительно, необходимо рекомендовать возобновление работы курортного лечения на базе более глубокого анализа и проведения геологоразведочных работ, которые позволят удовлетворить потребности населения в социальной сфере.

Ключевые слова: Астраханская область, бальнеоресурсы, минеральные воды, лечебные грязи, курортотечение

Для цитирования: Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Эфендеева М. С., Абулдухаликов Р. Р. Комплексная характеристика бальнеоресурсов Астраханской области с перспективой их дальнейшей использования и восстановления // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 9–15. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_9.

COMPREHENSIVE CHARACTERISTICS OF THE BALNEOLOGICAL RESOURCES OF THE ASTRAKHAN REGION WITH THE PROSPECT OF THEIR FURTHER USE AND RESTORATION

Inna V. Bystrova¹, Tatiana S. Smirnova²✉, Margarita S. Efendieva³, Runis R. Abdulkhalikov⁴
^{1, 2, 3, 4} Tatischev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia
¹ innabistrova1948@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3675-2485>
² juliet_23@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3697-9797>
³ margoopopovaa0312@mail.ru
⁴ run_abd@mail.ru

Abstract. The relevance of this article lies in the disclosure of the analysis of causal relationships between the main balneological resources located on the territory of the Astrakhan region, in order to use them for recreational and therapeutic purposes. The authors of this work considered the formation of natural balneological resources, the main stages of their development and further expansion for resort treatment not only in our region, but also in the near and far abroad. Conclusion: The analysis of the natural-historical and spatio-temporal transformation of components in groundwater allowed us to consider the formation of the chemical composition of groundwater and justify the medical opinion on the method of application of waters in balneology. Conclusions: despite the fact that the available reserves of balneological resources are currently used very little, it is necessary to recommend the

resumption of the work of resort treatment on the basis of a deeper analysis and geological exploration, which will satisfy the needs of the population in the social sphere.

Keywords: Astrakhan region, balneological resources, mineral waters, therapeutic mud, spa treatment

For citation: Bystrova I. V., Smirnova T. S., Efendeeva M. S., Abudulkhalikov R. R. Comprehensive characteristics of the balneological resources of the Astrakhan region with the prospect of their further use and restoration. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):9–15 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_9.

Физико-географическое положение территории исследования приурочено к аридной зоне умеренного климатического пояса. Одним из богатейших ресурсов являются бальнеологические воды с уникальным содержанием микроэлементов, неорганических солей, а также минеральные грязи, которые сформировались в результате сложного взаимодействия диалектических процессов, происходящих как на поверхности Земли, так и в её недрах в условиях неорганической среды с учётом жизнедеятельности животных и растительных организмов [13].

Следует отметить, что в формировании минеральных вод необходимо учитывать ряд факторов: история геологического развития исследуемой территории, геолого-тектоническое строение, соотношение морфоструктур и морфоскульптур и их влияние на современный рельеф, особенности климатообразования и их роль в формировании не только поверхностных, но и подземных вод и др.

На территории Астраханской области на рубеже XIX и XX вв. обнаружены минерализованные воды на разных глубинах.

Данные воды могут быть использованы для проведения бальнеопроцедур на основании привлечения результатов медицинских исследований [10; 18].

Воды, залегающие в отложениях пород Ахтубинского и Харабалинского районов Астраханской области, могут быть использованы для внутреннего потребления в качестве лечебных и лечебно-столовых вод.

В период XVIII–XIX вв. была образована Астраханская губерния как административно-территориальная единица деления Российской империи. Это время ознаменовалось открытием таких минеральных источников, как Екатерининский, расположенный на территории п. Сарепта. В это время в г. Астрахани также был открыт источник под названием Полетаевская вода. Особо следует отметить, что по-прежнему на территории Баскунчакского, Тинакского и Малинового озёр продолжается добыча соли и грязей, которые напрямую были использованы для медицинских услуг.

Веховым событием стал 1820 г. — в это время был открыт первый в России грязелечебный курорт «Тинаки», использующий свои ресурсы. По данным Любомира Линевича, бывшего руководителя курорта (1927–1936 гг.), подтверждается наличие «целительных озёр», которые назывались «ханскими» и «Тинакскими». Первое название он объясняет так: г. Хаджитархань «в летнее время был посещаем ханами Бахчисарая и их семьями», очевидно, знавшими лечебные свойства близлежащих озёр, поэтому они и стали называться ханскими, а название озёр Тинакскими он приписывает русским. Также упоминания о Ханском озере имеются и в объяснениях к картам России начала XVII в., где указывается и то, что солёные астраханские озёра используются для лечения [18].

В 1896 г. А. Штылько писал, что «В отдалённые времена татарские князья, а потом и калмыки, случайно узнав целебность грязи Тинакского соляного озера, прикочевали сюда и облепляли недугующие части тела; затем и русские по почину одного мужика с ближайшего села (Хохлацкого) начали пробовать калмыцкое средство лечения от ревматизма: намазаться тинакской грязью и полежать на июньском или июльском солнцепеке. В 1820 году здесь уже существуют бараки для лечения нижних военных чинов, а озеро переходит из ведомства министерства государственных имуществ в астраханской врачебной управе».

Таким образом, местная грязелечебница появилась наравне с Одесской в один и тот же год — они были первыми в нашей стране. Линевич сообщал, что в архиве бывшей Астраханской палаты государственных имуществ имеются документальные данные о том, что «в 1820 году на одном из Тинакских озёр, лежащем верстах в четырёх к югу-западу от ныне функционирующего озера были уже возведены постройки для лечения нижних воинских чинов. Около 30-х годов того же XIX столетия этот лечебный барак был перенесён на солёное озеро, расположенное ближе к Волге, на место, где и теперь находится Тинакский курорт».

В течение всего XX в. продолжают исследования с целью открытия новых месторождений минеральных вод на базе имеющегося научно-теоретического материала. Это позволило открыть санаторий «Тинаки», а уже с 1979 г. был открыт новый — санаторий № 2 курорта «Тинаки», который стал работать круглогодично. До 1981 г. на этом курорте применяли тинакскую

грязь, однако в связи с нарушением водообмена данное озеро прекратило своё существование, а в лечебных целях стали использовать грязи оз. Лечебное [5; 12].

Следующий этап приурочен к 1987 г., когда на территории курорта «Тинаки» было открыто новое месторождение.

Дальнейшее развитие этого курорта позволило уже в 1994 г. переименовать его в Центр реабилитации фонда социального страхования РФ.

В течение 1995–1997 гг. на территории Харабалинского и Ахтубинского районов были открыты месторождения минеральных вод.

Полученные результаты позволили продолжить поиски и разведку минеральных вод уже в XXI в. на исследуемой территории. В 2005 г. утверждены запасы месторождения минеральных вод для наружного применения, открытого в г. Астрахани (Советский р-н). Утверждённые запасы воды позволяют использовать её в течение 60 лет [18].

Комплекс мероприятий по поиску и разведке минеральных вод позволил уже в 2008 г. открыть завод по розливу минеральных вод в Ахтубинском районе (участок Покровский).

Следует отметить, что развитию данного направления сопутствовало глубокое изучение истории формирования и динамики использования бальнеоресурсов. Это было необходимо для более детального анализа свойств данных природных бальнеоресурсов, что могло повлиять на значительное расширение их использования и создания дополнительных зон лечения и реабилитации.

Следует отметить, что в процессе неоднократного погружения территории исследования привело к затоплению водами моря значительной части исследуемой территории. Накопленный осадочный чехол формировался в период с девонского времени и продолжал своё развитие в течение порядка 360 млн лет вплоть до современного периода. Сейсмические исследования подтвердили, что мощность накопленных отложений достигает порядка 22 км, и приурочены они к осадочному чехлу Прикаспийской впадины.

Важно подчеркнуть, что ведущим этапом в развитии Астраханского региона оказал нижнепермский период (250–280 млн лет назад). В течение кунгурского века формируется аридный климат [2; 4]. Это оказало значительное влияние на отложение каменных солей огромных мощностей. В это время древний океан, Палеотетис, существовал как солеродный бассейн и был внутренним континентальным морем, что привело к его обмелению и активному накоплению соляной толщи мощностью от 3 до 5 км. Компонентный состав этих отложений в основном представлен солями (ангидрит, галит, калийные и др. соли).

Особенности развития данной территории в период кунгура привели к тому, что произошла смена континентальных процессов на морские. Вследствие чего соляные отложения были перекрыты мощными толщами осадочных пород в период от верхнепермского до четвертичного. Это напрямую отразилось на их мощности, которая достигла от сотен метров и до первых километров. Активизация тектонических движений отразилась на интенсивности накопления осадков (соляной тектогенез). Пластическое перераспределение соли с разной скоростью проявлялось с неодинаковой интенсивностью, что продолжилось в дальнейшем. Это привело к значительным вертикальным поднятиям пластов каменной соли, которые активно воздымались и поднимали вышележащие горные породы, что привело к изменению форм рельефа и рельефообразующих процессов.

Значительную роль с начала неогенового периода сыграли как трансгрессивные, так и регрессивные движения вод Каспийского моря, которые являлись частью Мезотетиса. Поэтому в течение периода, начиная с неогена, происходило накопление толщ песков и глин, мощность которых составляла более 500 м.

Следует отметить, что отложение песчаных прослоев было выдержано по простиранию на исследуемой территории. Это привело к накоплению в основном вод с высокой минерализацией [5; 7].

Значительную роль в формировании Баскунчакского соляного массива сыграли активные тектонические движения. Именно они привели к активным поднятиям отложений каменной соли. Следует отметить, что эти движения продолжались постоянно в течение всего этапа геологического развития вплоть до антропогенного периода.

Изменение планетарного климата напрямую отразилось и проявилось в формировании бальнеоресурсов. В первую очередь, в плейстоцене отмечается резкое похолодание климата, что привело к оледенению Восточно-Европейской равнины и отразилось в изменении климата. Прослеживается следующая закономерность: итогом каждого этапа оледенения является новое наступление Каспийского моря (трансгрессия). Этот процесс обуславливает увлажнение климата, что сказывается на приходно-расходном балансе Каспийского моря и, как следствие,

значительному охлаждению [2; 4; 7]. Происходит радикальное уменьшение испарения с поверхности Каспия и приводит к увеличению речного стока.

В период межледниковья нарастает аридизация климата, что приводит к увеличению испарения на большей части природных водных объектах, что, естественно, сказывается на уменьшении водного стока, который является важнейшим звеном круговорота воды в природе.

В эпоху голоцена (последледниковья) активизируется приходно-расходный баланс Каспийского моря. Следует отметить роль трансгрессий и регрессий, которые способствовали не только изменению форм рельефа, но и оказали значительное влияние на увеличение обводнённости исследуемой территории. Именно это и сказалось на изменении климатических показателей, что обусловило формирование новых ландшафтов [10; 15].

В трансгрессивный период происходит накопление мощных толщ песчано-глинистых отложений в пределах нескольких сотен метров, которые перекрыли отложения морских вод. На их дальнейшее развитие оказали значительное влияние неотектонические движения, и осуществлялся непрерывный процесс метаморфизации захороненных вод, вследствие чего начал формироваться ионно-солевой состав данных вод [10; 11].

По данным Г. С. Вартаняна и Л. А. Яроцкого (1972), химический состав подземных вод, как правило, рассматривался с точки зрения как естественно-исторического, так и пространственно-временного преобразования основных компонентов, находящихся в подземных водах и их системах, благодаря протекающим физико-химическим процессам, которые обусловлены свойствами горных пород, что является основным в процессе изменении качественно-количественных показателей состава вод.

Для анализа образования подземной гидросферы необходимо рассмотреть геолого-географическую историю развития исследуемого региона [5; 17; 18]. Водоносные горизонты и комплексы изучаемого региона являются сложной слоистой системой, построенной как по вертикали, так и по горизонтали, содержащих как водоносные песчаные, так и глинистые пласты, которые являются слабопроницаемыми.

Важным показателем для характеристики бальнеологических вод является их химический состав. Важнейшим процессом формирования минерализации подземных вод исследуемого региона является выщелачивание растворимых минералов, находящихся в породах, например каменная соль насыщает воды хлоридами натрия, что приводит к повышению минерализации. К числу основных хорошо растворимых минералов, которые определяют химический тип природных вод, относятся такие вещества, как галит, гипс, кальцит и доломит [5; 9; 10].

Отмечается также значительное влияние трансгрессивно-регрессивных движений Каспийского моря на солевой состав подземных вод.

Следует отметить наличие бромных и йодобромных вод хлоридного натриевого состава на территории Астраханской области [13]. Сульфатные, сульфатно-хлоридные и гидрокарбонатно-хлоридные воды по степени распространения занимают меньшую площадь.

Минеральные воды по концентрациям железа и кремниевой кислоты классифицируются в качестве железистых и кремнистых [13]. Воды региона являются нейтральными и слабощелочными.

В составе растворённых газов преобладают метан, углекислый газ и азот. Следует отметить, что воды Астраханской области не обладают радиоактивностью.

Микроэлементный состав минеральных вод имеет решающее значение в лечебных целях. По ГОСТу 54316-2020 «Воды минеральные природные питьевые», для внутреннего применения минеральных вод установлены предельно допустимые концентрации следующих элементов: ванадий, мышьяк, органические вещества, ртуть, свинец, селен, фтор, фенолы и хром [6; 8].

Следует отметить, что в минеральных водах Астраханской области концентрация тяжёлых металлов ниже нормы (исключение — стронций).

На территории курортной зоны («Тинаки» и г. Астрахани) было отмечено содержание стронция в подземных минеральных водах в пределах от 27,0–40,0 до 80,0 мг/дм³.

В соответствии с принятой в нашей стране классификацией минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации [8], к основным биологически активным компонентам бальнеоресурсов относятся растворённая двуокись углерода, железо, мышьяк, ортоборная и метакремниевая кислоты, бром, йод, органические вещества (в расчёте на углерод) и радон-222. В составе минеральных вод Астраханской области важное место занимают бром, йод, метакремниевая и ортоборная кислоты, а также железо и органические вещества [1; 5; 12; 16].

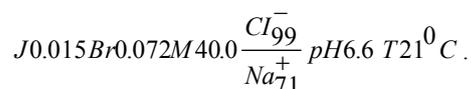
Содержание брома в минеральных источниках Астраханской области достигает значений порядка от 10–50 до 100 мг/дм³, а в ряде соляных озёр — 900 мг/дм³ [3; 16]. Прослеживается следующая закономерность: количество брома увеличивается с ростом минерализации в подземных водах. Следует отметить, что на территории Астраханской области (Харабалинский

район) и на территории НУЗ «Медико-санитарная часть» (г. Астрахань) в минеральных водах прослеживается более высокая концентрация брома.

Важным хорошо растворимым химическим элементом, обладающим биофильными свойствами, является йод. Как и бром, йод в значительных количествах накапливается в водах нефтяных и газовых месторождений. Отсутствие йода в организме человека приводит к заболеванию щитовидной железы. Геохимическая особенность йода обусловлена связью с живым веществом, что проявляется в его нахождении как в почве и илах, важнейшую роль, в образовании которых принимают живые организмы. Поэтому значительное количество йода может содержаться в горных породах, в которых присутствует рассеянное органическое вещество. Следовательно, основными источниками поступления йода в природные воды являются органическое вещество и горные породы.

Природные воды содержат метакремниевую кислоту (H_2SiO_3). Однако следует отметить, что из-за очень низкой растворимости силикатных минералов и их потреблением некоторыми организмами для построения внешнего скелета, концентрация кремния в поверхностных водах суши является небольшой (невелика).

Как правило, минеральный состав вод принято графически изображать псевдоформулой М. Г. Курлова. Приводим формулу состава минеральной воды курорта «Тинаки-2»:



Для Астраханского региона минеральные воды являются холодными — +19...+21 °С (азотные воды). С глубины до 1 000 м распространены метановые воды с температурой плюс 31 °С. На глубине порядка 4 000 м распространены термальные воды с температурой выше плюс 100 °С. Эти воды содержат сероводород (H_2S) и углекислый газ (CO_2) и вскрыты скважинами.

Согласно медицинским показаниям, минеральные воды Астраханской области могут использоваться при лечении таких заболеваний, как заболевания пищеварительной, сердечно-сосудистой, мочеполовой и гинекологических систем, а также при болезнях органов нетуберкулезного характера и др. [7; 12].

Приём астраханских минеральных вод положительно влияет на улучшение состояния человека и вызывает болеутоляющее действие, стимулирует кровообращение, положительно влияет на функцию центральной нервной системы, эндокринной системы и улучшают сон [14].

Дальнейшие исследования, проводимые в пределах Астраханской области, позволили подтвердить перспективы наличия минеральных вод на следующих территориях: Ахтубинский, Харабалинский районы, НУЗ «Медико-санитарная часть» в черте г. Астрахани, курорт «Тинаки-2», а также площадь Астраханского газоконденсатного месторождения.

Согласно классификации [8], воды по своему назначению подразделяются на два вида — питьевые и бальнеологические. Питьевые воды подразделяются на лечебно-столовые, лечебные и столовые. В основу классификации этих вод положен такой показатель, как минерализация.

К минеральным питьевым лечебно-столовым водам относят воды с минерализацией от 1,0 до 10,0 г/дм³ или с меньшей, содержащие биологически активные микрокомпоненты. По величине минерализации они подразделяются на маломинерализованные (от 1,0 до 5,0 г/дм³) и среднеминерализованные (от 5,0 до 10,0 г/дм³).

В районе соляного озера Баскунчак выделяется небольшой по площади участок с пресными подземными водами, а также воды с минерализацией менее 1 г/дм³, которые развиты на современных отложениях Волго-Ахтубинской поймы и территориально распространены в виде узких полос вдоль русел рек Волги и Ахтубы.

Геологоразведочные работы на подземные воды проводятся для поиска пресных питьевых вод, а минеральные, термальные и промышленные воды изучены не достаточно детально.

Запасы подземных вод Астраханской области, по результатам государственной экспертизы, составляют 93,6 млн м³/сут. Значительная часть запасов подземных вод составляют воды, предназначенные для питьевого водоснабжения. Минимальными запасами пресных вод обладает и Астраханская область.

В последние десятилетия геологоразведочные работы на минеральные воды ведутся за счёт средств недропользователей, а их поиск и дальнейший розлив являются весьма экономически рентабельным мероприятием. К сожалению, общая изученность минеральных вод находится на недостаточном уровне. Это объясняется тем, что геологоразведочные работы в основном сосредотачиваются на небольших локальных лицензионных участках. Следует отметить, что в ряде случаев они не обобщаются в региональном плане, и, как правило, зачастую результаты геологоразведочных работ на подземные воды носят конфиденциальный характер.

Поэтому это не даёт положительного эффекта использования их в хозяйственных целях (лечебные воды).

Ещё менее изученными и малопоискованными являются месторождения бальнеологических вод. Однако уже открытые месторождения описываемых вод Астраханской области подтверждают перспективность открытия новых месторождений. Именно это в дальнейшем позволит решить вопрос использования этих вод при оказании медицинской помощи населения не только нашего, но и других регионов России [17].

Территория Астраханской области обладает значительными природными минеральными, в том числе и бальнеоресурсами. Следует отметить, что лечебные свойства минеральных вод уже подтверждены бальнеологическими и медицинскими заключениями. Поэтому они могут быть использованы как в питьевых целях, так и в бальнеологии в нативном виде и при соответствующих разведениях.

Следовательно, необходимо рекомендовать продолжить геологоразведочные работы в данном направлении, что позволит удовлетворить потребности населения в социальной сфере.

Список литературы

1. Авдеева А. Б., Плотникова Г. Н. Бромные, йодные и йодобромные воды // Вопросы изучения лечебных минеральных вод, грязей и климата. Москва: ЦНИИКиФ, 1980. С. 63–88.
2. Аракава Х. Изменения климата. Ленинград: Гидрометеоздат, 1975. 104 с.
3. Аронова Ю. С., Кутлусурин Е. С. Перспективы разработки гидроминерального сырья в районах нефтегазовых месторождений // Проблемы развития газовой промышленности Западной Сибири. Тюмень: ТюменНИИгипрогаз, 2004. С. 72–74.
4. Будыко М. И. Климат в прошлом и будущем. Ленинград: Гидрометеоздат, 1980. 351 с.
5. Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Федорова Н. Ф., Мелихов М. С. Изучение бальнеологических ресурсов лечебных грязей Астраханского региона // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 4 (67). С. 32–39.
6. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. Москва: Медицина, 2005. № 2. 58 с.
7. Воронин Н. И. Минерально-сырьевая база Астраханской области. Астрахань: Астраханский гос. техн. ун-т, 2007. 88 с.
8. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. Методические указания. 2000. 75 с.
9. Крайнов С. Р., Швец В. М. Основы геохимии подземных вод. Москва: Недра, 1980. 286 с.
10. Кутлусурин Е. С. Характеристика природных бальнеоресурсов Астраханской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2006. № 6 (35). С. 83–88.
11. Кутлусурин Е. С., Бармин А. Н. Климатические и эколого-гидрологические факторы формирования лечебных грязей в Астраханском Прикаспии // Естественные и технические науки. 2010. № 3 (47). С. 293–295.
12. Кутлусурина Г. В., Кутлусурин Е. С., Аронова Ю. С. Современное состояние минеральных вод и лечебных грязей в Астраханской области // Водные ресурсы Волги: история, настоящее и будущее, проблемы управления. Астрахань: Астраханский инж.-строит. ин-т, 2012. С. 171–176.
13. Мерчева В. С., Быстрова И. В. Рациональное природопользование в условиях разработки нефтегазовых месторождений Прикаспия // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014. № 6. С. 10–16.
14. Посохов Е. В., Толстихин Н. И. Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические). Ленинград: Недра, 1977. 240 с.
15. Руденко Е. И. Минеральные воды и лечебные грязи Нижнего Поволжья. Волгоград: Нижне-Волжское книж. изд-во, 1975. 72 с.
16. Славянова Л. В., Галицын М. С. Бром, йод и стронций в подземных водах Прикаспийской впадины и прилегающих к ней районов // Труды ВСЕГИНГЕО. Нов. серия, № 9. Вопросы геохимии подземных вод. Москва: Недра, 1964. С. 1385–1396.
17. Смирнова Т. С., Серебряков О. И. Внедрение природных лечебных вод для бальнеологии и рекреации населения Астраханского региона // Геология, география и глобальная энергия. 2007. № 2. С. 66.
18. Смирнова Т. С., Быстрова И. В., Карабаева А. З. История развития гидроминеральных лечебных ресурсов Прикаспийской впадины // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 3 (66). С. 30–37.

References

1. Avdeeva A. B., Plotnikova G. N. Bromine, iodine and iodobromic waters. *Questions of the study of therapeutic mineral waters, mud and climate*. Moscow: TSNIKIF; 1980:63–88 (In Russ.).
2. Arakava X. *Climate change*. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1975:104 (In Russ.).
3. Aronova Yu. S., Kutlusurin E. S. Prospects for the development of hydromineral raw materials in the areas of oil and gas fields. *Problems of the development of the gas industry in Western Siberia*. Tyumen: TyumenNIIGiprogaiz; 2004:72–74 (In Russ.).
4. Budyko M. I. *Climate in the past and future*. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1980:351 (In Russ.).
5. Bystrova I. V., Smirnova T. S., Fedorova N. F., Melikhov M. S. Study of balneological resources of therapeutic mud of the Astrakhan region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2017;4(67):32–39 (In Russ.).

6. *Questions of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. Moscow: Medicine; 2005;2:58 (In Russ.).
7. Voronin, N. I. *Mineral resource base of the Astrakhan region*. Astrakhan: Astrakhan State Technical University; 2007:88 (In Russ.).
8. *Classification of mineral waters and therapeutic mud for the purposes of their certification. Methodical instructions*. 2000:75 (In Russ.).
9. Krainov S. R., Shvets, V. M. *Fundamentals of geochemistry of groundwater*. Moscow: Nedra; 1980:286 (In Russ.).
10. Kutlusurin E. S. Characteristics of natural balneoresources of the Astrakhan region. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University*. 2006;6(35):83–88 (In Russ.).
11. Kutlusurin E. S., Barmin A. N. Climatic and ecological-hydrological factors of the formation of therapeutic mud in the Astrakhan Caspian Sea. *Natural and technical sciences*. 2010;3(47):293–295 (In Russ.).
12. Kutlusurina G. V., Kutlusurin E. S., Aronova Yu. S. The current state of mineral waters and therapeutic mud in the Astrakhan region. *Water resources of the Volga: history, present and future, management problems*. Astrakhan: Astrakhan Institute of Civil Engineering; 2012:171–176 (In Russ.).
13. Mercheva V. S., Bystrova I. V. Rational nature management in the conditions of development of oil and gas fields of the Caspian Sea. *Environmental protection in the oil and gas complex*. 2014;6:10–16 (In Russ.).
14. Posokhov E. V., Tolstikhin N. I. *Mineral waters (medicinal, industrial, energy)*. Leningrad: Nedra; 1977:240 (In Russ.).
15. Rudenko E. I. *Mineral waters and therapeutic mud of the Lower Volga region*. Volgograd: Nizhne-Volzhskoe Book Publishing House; 1975:72 (In Russ.).
16. Slavyanova L. V., Galitsyn M. S. Bromine, iodine and strontium in the underground waters of the Caspian basin and adjacent areas. *Proceedings of VSEGINGEO, new series, no. 9. Issues of geochemistry of groundwater*. Moscow: Nedra; 1964:1385–1396 (In Russ.).
17. Smirnova T. S., Serebryakov O. I. Introduction of natural medicinal waters for balneology and recreation of the population of the Astrakhan region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2007;2:66 (In Russ.).
18. Smirnova T. S., Bystrova I. V., Karabaeva A. Z. History of the development of hydromineral therapeutic resources of the Caspian basin. *Geology, Geography and Global Energy*. 2017;3(66):30–37 (In Russ.).

Информация об авторах

Смирнова Т. С. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Быстрова И. В. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Эфендиева М. С. — магистрант;
Абдулхаликов Р. Р. — магистрант.

Information about the authors

Smirnova T. S. — Candidate of Science (Geology and Mineralogy), Assistant Professor;
Bystrova I. V. — Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Associate Professor;
Efendieva M. S. — master's student;
Abdulkhalikov R. R. — 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 05.04.2023; одобрена после рецензирования 27.04.2023; принята к публикации 11.05.2023.

The article was submitted 05.04.2023; approved after reviewing 27.04.2023; accepted for publication 11.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 16–21.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):16–21 (In Russ.).

Научная статья
УДК: 622.276.6
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_16

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МЕТОДА УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Сергеев Андрей Олегович¹✉, Бармин Александр Николаевич²
^{1,2} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
¹ sergo777899@mail.ru ✉
² abarmin60@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос выбора оптимального метода увеличения нефтеотдачи. В работе приводится краткая характеристика методов увеличения нефтеотдачи, перечисляются и анализируются критерии их применимости. На основе теории выбора и принятия решения производится расчёт подбора оптимального метода увеличения нефтеотдачи для реальных пластов месторождений Западной Сибири. В заключении подчёркивается актуальность данной проблемы, а также указывается на научную перспективность данной методологии в разработке и эксплуатации месторождений углеводородов.

Ключевые слова: нефть, газ, методы увеличения нефтеотдачи, пласт, геологические характеристики, коэффициент извлечения нефти, разработка месторождений

Для цитирования: Сергеев А. О., Бармин А. Н. Геологические особенности выбора метода увеличения нефтеотдачи на месторождениях Западной Сибири // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 16–21. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_16.

GEOLOGICAL FEATURES OF DESIGNING METHODS FOR ENHANCED OIL RECOVERY IN THE FIELDS OF WESTERN SIBERIA

Andrey O. Sergeev¹✉, Alexander Nikolaevich Barmin²,
^{1,2} Tatischev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia
¹ sergo777899@mail.ru ✉
² abarmin60@mail.ru

Abstract. This article is discussed the question of choosing the optimal enhanced oil recovery method. The paper is provided a brief description of the enhanced oil recovery methods, lists and analyzes the criteria for their applicability. On the basis of the theory of choice and decision-making, the calculation of the selection of the optimal method of increasing oil recovery for real layers of deposits in Western Siberia is carried out. In conclusion emphasizes the relevance of this problem, and also points to the scientific prospects of this methodology in the development and operation of hydrocarbon deposits.

Keywords: oil, gas, methods of increasing oil recovery, formation, geological characteristics, oil recovery coefficient, field development.

For citation: Sergeev A. O., Barmin A. N. Geological features of designing methods for enhanced oil recovery in the fields of Western Siberia. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):16–21 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_16.

Методы увеличения нефтеотдачи позволяют увеличить коэффициент извлечения нефти (КИН). Он, в свою очередь, зависит от коэффициента вытеснения и коэффициента охвата. Следовательно, для увеличения КИН необходимо увеличить какой-либо из коэффициентов. Достичь этого позволяют различные методы увеличения нефтеотдачи (МУН). Особенно актуально это на месторождениях, разработка которых относится к IV стадии. Однако в настоящее время в России МУН не находят широкого применения. Это связано со многими причинами:

- экономической нерентабельностью;
- отсутствием необходимой информации для проектирования мероприятий;
- неправильно подобранным методом увеличения нефтеотдачи;
- нехваткой квалифицированных специалистов.

В данной статье рассматривается методология подбора оптимального МУН для определенных геологических условий с использованием теории выбора и принятия решений.

В настоящее время известно множество различных МУН, но мы приведём классическую классификацию данных методов по механизму воздействия:

- 1) гидродинамические;
- 2) тепловые;
- 3) физико-химические;
- 4) газовые;
- 5) микробиологические.

По различным оценкам, в зависимости от метода, можно увеличить коэффициент извлечения нефти от 2 до 35 %. Оценить фактическую эффективность данных методов достаточно сложно, в связи с проблемами выделения конкретного технологического объекта, на котором не будет сторонних факторов, влияющих на рост или снижение добычи.

Прежде чем перейти к методологии выбора МУН, необходимо рассмотреть теоретические основы каждого из них.

Как правило, применение физико-химических методов связано с добавлением различных химических веществ в закачиваемую воду при разработке месторождений на методе поддержания пластового давления. Такие технологии подходят для доизвлечения нефти из истощённых, обводнённых нефтеносных пластов с неоднородной нефтенасыщенностью. Физика процесса заключается в изменении вязкостных соотношений вытесняющего и вытесняемого агентов, а также в перераспределении физических особенностей микросистемы «нефть – вытесняющий агент – порода». В конечном счёте, применение физико-химических методов приводит к уменьшению величины межфазного натяжения и изменению соотношений относительных фазовых проницаемостей в сторону нефти. Например, вытеснение нефти водными растворами поверхностно-активных веществ позволяет уменьшить величину поверхностного натяжения на границе фаз «вода – нефть», что, в свою очередь, приводит к улучшению подвижности нефти и наиболее эффективно вытеснению её водой. Благодаря лучшей смачиваемости породы закачиваемая вода лучше впитывается в нефтенасыщенные поры, и, равномерно продвигаясь по пласту, вытесняет нефть. Также популярны методы вытеснения нефти растворами полимеров, щелочными растворами, комплексными составами химических реагентов и др.

Существенную долю трудноизвлекаемых запасов составляет высоковязкая нефть и битумы. Разработка таких месторождений может включать в себя применение указанных выше физико-химических методов увеличения нефтеотдачи (закачка растворителей и оторочек ПАВ, полимерное заводнение и др.). Как правило, объём оторочки химического раствора составляет от 0,03 до 0,3 порового объёма при концентрации химического реагента от 0,01 до 5,00 %. Однако наиболее эффективно при разработке месторождений с тяжёлой нефтью показали себя тепловые МУН. Использование данных методов основано на способности нефтяного пласта аккумулировать и переносить тепловую энергию. Этот процесс осуществляется за счёт явлений теплопроводности и конвекции. Основным нагнетаемым агентом является вода, т. к. она способна переносить больше удельного тепла, чем любая другая жидкость.

Ключевые преимущества воды в качестве нагнетаемого агента при использовании тепловых МУН:

- 1) высокая объёмная теплоёмкость;
- 2) достаточно высокая вязкость при начальной температуре;
- 3) незначительное изменение вязкости при изменении температуры;
- 4) доступность и низкая цена.

К ключевым параметрам закачиваемого агента при тепловых МУН относят:

- коэффициент теплопроводности λ (количество тепла [Дж], которое проходит за 1 с через 1 м² в направлении, перпендикулярном сечению, при градиенте температуры равном 1 К/м);
- удельная объёмная теплоёмкость c (отношение количества тепла [Дж], которое необходимо для нагревания 1 кг горной породы при изменении её температуры на 1° [К], коэффициент температуропроводности α (определяет скорость перераспределения температуры).

К основным технологиям тепловых МУН относят: паротепловое воздействие на пласт, внутрипластовое горение (сухое, влажное), пароциклические обработки и др.

К гидродинамическим методам увеличения нефтеотдачи относят такие технологии объёмного воздействия на пласт, при котором вытесняющим агентом является нагнетаемая вода, а реализация проходит в пределах существующих систем разработки.

К основным положительным эффектам в зависимости от той или иной технологии данной классификации МУН относят:

- улучшение охвата продуктивных горизонтов за счёт заводнения;

- доизвлечение остаточных запасов нефти при воздействии эффективной системы заводнения;
- снижение текущей обводнённости добываемой жидкости.

К гидродинамическим МУН относят: изменение направления потоков жидкости, циклическое заводнение, форсированный отбор жидкости, комбинированное нестационарное заводнение.

Технология изменения направлений потоков фильтрации основана на увеличении коэффициента охвата за счёт дренирования неохваченных стационарным заводнением нефтяных пропластков.

Суть циклического заводнения заключается в создании нестационарного давления в геологически неоднородных пластах. Данный метод имеет определённые критерии применимости:

1. Гидрофильные коллекторы должны быть неоднородны по проницаемости.
2. Необходимо наличие гидродинамическая связь между водяными и нефтяными пропластками.
3. Наиболее эффективна данная технология при высоком показателе остаточной нефтенасыщенности.

Использование форсированного отбора жидкости (ФОЖ) основано на формировании высоких градиентов давлений за счёт увеличения депрессий. Данный метод достаточно неоднозначен. Автор считает, что его применение возможно только при обосновании неэффективности применения других методов. Данный метод существенно ухудшает энергетическое состояние пласта, таким образом, исключая возможные варианты других МУН. Также увеличение дебита по жидкости в результате ФОЖ зачастую сопровождалось снижением добычи нефти на 10–20 %.

Комбинированное воздействие совмещает в себе технологию циклического воздействия и изменения направлений поток фильтрации. Таким образом, возможно увеличение коэффициента охвата за счёт увеличения площади дренирования и отбора нефти из плохо проницаемых пропластков.

Применение газовых методов увеличения нефтеотдачи позволяет увеличить нефтеотдачу пласта на 5–25 %. Однако, в отличие от воды, газ имеет низкую вязкость, что приводит к стремительному прорыву газа к добывающим скважинам. Исходя из опыта применения газовых технологий повышения нефтеотдачи, была определена их область применения:

- 1) коллектора с низкой проницаемостью;
- 2) высокообводнённые пласты;
- 3) продуктивные горизонты, залегающие на большой глубине;
- 4) высокая вязкость нефти;
- 5) подгазовые зоны пласта.

К основным технологиям газовых МУН относят закачку воздуха в пласт, воздействие на пласт двуокисью углерода, воздействие на пласт азотом, дымовыми газами, водогазовое воздействие и т. д.

В качестве примера рассмотрим воздействие на пласт двуокисью углерода. Существует множество технологий закачки двуоксида углерода (газообразная оторочка, жидкая оторочка, циклическая закачка газа и воды). Однако наиболее эффективной технологией закачки газа является смешивающееся вытеснение, при котором происходит полная растворимость газа в жидкости. Это, в свою очередь, приводит к отсутствию поверхностного натяжения, т. к. в результате обмена компонентов между нефтью и газом, их состав становится практически одинаковым, а поверхность раздела данных фаз исчезает. Достижение данного эффекта напрямую зависит от минимального давления смешивания. Оно, в свою очередь, зависит от термобарических условий пласта и состава нефти. Критерии применимости данной технологии представлены ниже, а в таблице 1 приведены достоинства и недостатки данного метода.

Таблица 1 — Достоинства и недостатки технологии закачки двуоксида углерода

Достоинства	Недостатки
<ol style="list-style-type: none"> 1. Улучшение соотношения подвижностей за счёт перераспределения вязкости нефти и воды. 2. Увеличение объёмного коэффициента нефти. 3. Улучшение нефтеотмывающих свойств за счёт снижения межфазного натяжения на границе системы «нефть – вода» 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение коэффициента охвата. 2. При условии плохой смешиваемости с нефтью, может быть переход в газовую фазу лёгких фракций УВ. 3. Коррозия скважинного оборудования. 4. Вопросы, связанные с утилизацией газа

Ещё одной классификацией МУН являются микробиологические технологии. Различают следующие способы по способу формирования микроорганизмов: развиваемые на поверхности и закачиваемые в скважину и развиваемые в пластовых условиях. Также такие технологии принципиально отличаются по способу нагнетания: циклическая закачка микроорганизмов

и питательного вещества с последующей закачкой воды; однократное введение ударного объёма питательного раствора и микроорганизмов. В свою очередь, микроорганизмы делятся на следующие классы: УВОБ (углеводородокисляющие бактерии), ББ (бродильные бактерии), МОБ (метанообразующие бактерии), СББ (сульфатовосстанавливающие бактерии). Ключевой особенностью данного МУН является возможность его использования в пластах с высокой степенью выработки запасов при заводнении. Данные технологии характеризуются сравнительно быстрым результатом при низких затратах, недостатком является применение анаэробных бактерий, что приводит к их неконтролируемому развитию в системе сбора и хранения.

Для подбора оптимального МУН необходимо учитывать критерии применимости, основанные на геолого-физических параметрах нефтяного пласта (глубина залегания, толщина пласта, свойства пластовых флюидов и т. д.). В таблице 2 указаны геолого-физические характеристики рассматриваемых пластов Западной Сибири — Ю₁ и ₂ПК₁₅.

Таблица 2 — Геолого-физические характеристики пластов

Параметр	Характеристика пластов	
	Ю ₁	₂ ПК ₁₅
Глубина залегания пласта, м	2 990	1 620
Тип коллектора	терригенный	терригенный
Глинистость, %	8	13,7
Толщина пласта, м	43,7	13,7
Пористость, %	17	28
Проницаемость, мкм ²	0,25	0,173
Нефтенасыщенность, %	63,61	54
Пластовая температура, °С	90	48
Вязкость пластовой нефти, мПа·с	3,9	8
Соленость пластовой воды, г/л	19,6	11
Пластовое давление, МПа	27,3	15,6
Содержание АСПО, %	6,5	1,33

Для выбора оптимального метода увеличения нефтеотдачи мы предлагаем использовать основы теории выбора и принятия решений. Сущность данной методики заключается в следующем:

1. Каждому критерию присуждается оценка от 0 до 1 в зависимости от совпадения с необходимой величиной характеристики пласта. Например, для микробиологических методов увеличения нефтеотдачи глубина залегания составляет от 100 до 4 000 м. Согласно таблице 2, рассматриваемые пласты попадают в данный интервал, соответственно получая по данному пункту максимальную оценку в 1 балл.
2. Если параметр пласта выходит за рамки интервала применимости по какому-либо свойству, то оценка снижается в зависимости от отклонения. Мы предлагаем снижение на 0,1 за каждые 5 % отклонения.
3. Если параметр не влияет на рассматриваемый метод увеличения нефтеотдачи, то ставится прочерк, который в расчёте не участвует.
4. Для справедливой оценки, итоговый результат получается как среднее арифметическое, что позволяет не учитывать те критерии, которые не оказывают влияние на выбор метода увеличения нефтеотдачи.
5. Также возможно добавления весового коэффициента от 0,1 до 1,0, определяемого методом экспертных оценок. Это позволяет ранжировать критерии применимости от наиболее влияющего к менее значимому. В данной работе всем критериям будет дан вес 1,0.
6. Метод, получивший наибольший среднеарифметический балл, является наиболее оптимальным.

Таким образом, результаты расчёта по данной методике представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Итоговый расчёт по выбору оптимального метода увеличения нефтеотдачи

Метод увеличения нефтеотдачи	Пласт	
	Ю ₁	₂ ПК ₁₅
Стандартное заводнение	0,875	0,85
Водный раствор ПАВ	0,57	0,84
Щелочное заводнение	0,53	0,84
Полимерное заводнение	0,86	0,85
Закачка пара и горячей воды	0,8	0,91
Закачка диоксида углерода	0,86	0,93
Закачка азота	0,93	0,76
Водогазовое воздействие	0,8	0,97
ВГВ + с пеной	0,86	0,92
Микробиологическое воздействие	0,97	1

На основании проделанных расчётов, для пласта Ю₁ и 2ПК₁₅ оптимальным методом увеличения нефтеотдачи является микробиологическое воздействие. Стоит отметить, что данная методика покажет более точный результат, если для каждой технологии добавить весовые коэффициенты, т. к. каждый критерий по-разному влияет на успешность метода. Планируется в дальнейшем создать алгоритм, который позволит автоматически посчитать оптимальный метод увеличения нефтеотдачи при внесённых пластовых условиях, а также добавить другие технологии увеличения нефтеотдачи.

Список литературы

1. Воронова И. В., Гребенюк Г. Н. Инженерно-геокриологические условия Харампурского нефтегазоконденсатного месторождения Пур-Тазовского междуречья // *Геология, география и глобальная энергия*. 2018. № 2 (69). С. 48–57. EDN YNAWFN.
2. Глебова Л. В., Кротова А. Г., Воробьева А. О. Природные геологические и техногенные факторы восполнения запасов залежей в терригенных и карбонатных формациях // *Геология, география и глобальная энергия*. 2020. № 1 (76). С. 66–73. EDN RYPSHT.
3. Земцов Ю. В., Баранов А. В., Гордеев А. . Обзор физико-химических МУН, применяемых в Западной Сибири, и эффективности их использования в различных геолого-физических условиях // *Нефть. Газ. Новации*. 2015. № 7. С. 11–21.
4. Ишков А. А., Мазитов Р. Ф., Хорюшин В. Ю. Применение потокоотклоняющих технологий в условиях низкопроницаемых коллекторов // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2020. № 1. –. 59–66.
5. Маркано Гонсалес А. А., Басниева И. К., Еремин Н. А., Сарданашвили О. Н., Краус З. Т. О термическом повышении нефтеотдачи при добыче высоковязких нефтей и битумов для месторождений Венесуэлы // *Актуальные проблемы нефти и газа*. 2019. Вып. 1 (24).
6. Назарова Л. Н. Разработка нефтегазовых месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. Москва: Российский гос. ун-т нефти и газа им. П. М. Губкина, 2011. 156 с.
7. Попков В. И. Геологическое строение поверхности палеозойского складчатого основания запада Туранской платформы // *Геология, география и глобальная энергия*. 2021. № 3 (82). С. 19–26. DOI 10.21672/2077-6322-2021-82-3-019-026. EDN SBQQMB.
8. Сергеев А. О. Историческое развитие и современный статус гидрогеологии как комплексной дисциплины и ее взаимодействие с другими науками // *Геология, география и глобальная энергия*. 2022. № 1 (84). С. 74–78. DOI 10.54398/2077-6322_2022_1_74. EDN IKGLBW.
9. Сергеев А. О., Бармин А. Н. Оптимизация энергетических затрат при механизированной добыче нефти // *Геология, география и глобальная энергия*. 2022. № 4 (87). С. 9–14. DOI 10.54398/20776322_2022_4_9. EDN ZYVXXW.
10. Ушивцева Л. Ф. Геологические риски при вскрытии трещиноватых, кавернозных и высокопористых пород // *Геология, география и глобальная энергия*. 2021. № 3 (82). С. 27–32. DOI 10.21672/2077-6322-2021-82-3-027-032. EDN SKCMMN.
11. Чэнь Я., Моторова К. А. Разработка единого метода оценки свойств горных пород // *Геология, география и глобальная энергия*. 2020. № 1 (76). С. 73–76. EDN GURRXU.
12. Федорова Н. Ф., Быстрова И. В., Заскокина А. В. Процессы миграции и аккумуляции нефти и газа: изучение и представление на современном этапе // *Геология, география и глобальная энергия*. 2018. № 2 (69). С. 40–47. EDN GEYSAW.

References

1. Voronova I. V., Grebenyuk G. N. Engineering-geocryological conditions of the Kharampur oil and gas condensate field of the Pur-Taz interfluv. *Geology, Geography and Global Energy*. 2018;2(69):48–57. EDN YNAWFN (In Russ.).
2. Glebova L. V., Krotova A. G., Vorobeva A. O. Natural geological and technogenic factors of replenishment of deposits in terrigenous and carbonate formations. *Geology, Geography and Global Energy*. 2020;1(76):66–73. EDN RYPSHT (In Russ.).
3. Zemtsov Yu. V., Baranov A. V., Gordeev A. O. Review of physico-chemical MOONS used in Western Siberia and the effectiveness of their use in various geological and physical conditions. *Oil. Gas. Innovations*. 2015;7:11–21 (In Russ.).
4. Ishkov A. A., Mazitov R. F., Khoryushin V. Yu. Application of flow-bending technologies in conditions of low-permeability reservoirs. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2020;1:59–66 (In Russ.).
5. Marcano Gonzalez A. A., Basnieva I. K., Eremin N. A., Sardanashvili O. N., Kraus Z. T. On thermal enhancement of oil recovery during the extraction of high-viscosity oils and bitumen for Venezuelan deposits. *Actual problems of oil and gas*. 2019;1(24) (In Russ.).
6. Nazarova L. N. Development of oil and gas fields with hard-to-recover reserves. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas; 2011:156 (In Russ.).
7. Popkov V. I. Geological structure of the surface of the Paleozoic the folded base of the west of the Turan platform. *Geology, Geography and Global Energy*. 2021;3(82):19–26. DOI 10.21672/2077-6322-2021-82-3-019-026. EDN SBQQMB (In Russ.).
8. Sergeev A. O. Historical development and the modern status of hydrogeology as a complex discipline and its interaction with other sciences. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;1(84):74–78. DOI 10.54398/2077-6322_2022_1_74. EDN IKGLBW (In Russ.).

9. Sergeev A. O., Barmin A. N. Optimization of energy costs in mechanized oil production. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;4(87):9–14. DOI 10.54398/20776322_2022_4_9. EDN ZYVXXW (In Russ.).
10. Ushvtseva L. F. Geological risks in the opening of fractured, cavernous and highly porous rocks. *Geology, Geography and Global Energy*. 2021;3(82):27–32. DOI 10.21672/2077-6322-2021-82-3-027-032. EDN SKCMMN (In Russ.).
11. Chen Ya., Motorova K. A. Development of a unified method for assessing the properties of rocks. *Geology, Geography and Global Energy*. 2020;1(76):73–76. EDN GURRXU (In Russ.).
12. Fedorova N. F., Bystrova I. V., Zaskokina A. V. Processes of migration and accumulation of oil and gas: study and presentation at the present stage. *Geology, Geography and Global Energy*. 2018;2(69):40–47. EDN GEYSAW (In Russ.).

Информация об авторах

Сергеев А. О. — аспирант;
Бармин А. Н. — доктор географических наук, профессор.

Information about the authors

Sergeev A. O. — postgraduate student;
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 06.03.2023; одобрена после рецензирования 27.03.2023; принята к публикации 17.04.2023.

The article was submitted 05.04.2023; approved after reviewing 27.03.2023; accepted for publication 17.04.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 22–39.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):22–39 (In Russ.).

Научная статья
УДК: 551.21
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_22

ГРЯЗЕВОЙ ВУЛКАНИЗМ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Глебова Любовь Владимировна¹✉, Енина Екатерина Дмитриевна²
^{1,2}Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
¹lvglebova@mail.ru✉
²froeze191@gmail.com

Аннотация. На Земле существует большое количество грязевых вулканов: они могут быть как наземными, так и подводными. Высота и форма вулкана может быть различной и зависит в первую очередь от состава изливающегося материала. Наличие подобных построек на территории указывает на перспективную нефтегазоносность региона, что использовали при поиске месторождений ещё сто лет назад. С проявлением грязевого вулканизма связано формирование особых форм рельефа: конусов, кальдер, морских баров, холмов, разломов. Главной причиной извержений является давление горючих газов, которые способствуют перемещению глинистого материала к поверхности. В работе описаны особенности грязевых вулканов Таманского полуострова, а также формируемые при извержениях формы рельефа.

Ключевые слова: грязевой вулканизм, грязевые вулканы, кальдера, жерло, минеральные ассоциации, формы рельефа, глина, целебные свойства, подводные грязевые вулканы, морской бар, конус, грифон, грязебрекчия, сопочный ил, майкопские глины, извержение, вулканический остров

Для цитирования: Глебова Л. В., Енина Е. Д. Грязевой вулканизм Таманского полуострова // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 22–39. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_22.

MUD VOLCANISM OF THE TAMAN PENINSULA

Lyubov V. Glebova¹✉, Ekaterina D. Enina²
^{1, 2}Lomoosov Moscow State University, Moscow, Russia
¹lvglebova@mail.ru✉
²froeze191@gmail.com

Abstract. There are a large number of mud volcanoes on Earth: they can be both terrestrial and underwater. The height and shape of the volcano can be different and depends, first of all, on the composition of the pouring material. The presence of such buildings on the territory indicates the promising oil and gas potential of the region, which was used in the search for deposits a hundred years ago. The formation of special relief forms is associated with the manifestation of mud volcanism: cones, calderas, sea bars, hills, faults. The main cause of eruptions is the pressure of combustible gases, which contribute to the movement of clay material to the surface. The paper describes the features of mud volcanoes of the Taman Peninsula, as well as the relief forms formed during eruptions.

Keywords: mud volcanism, mud volcanoes, caldera, vent, mineral associations, relief forms, clay, healing properties, underwater mud volcanoes, sea bar, cone, gryphon, mud breccia, hill mud, Maikop clay, eruption, volcanic island

For citation: Glebova L. V., Enina E. D. Mud volcanism of the Taman Peninsula. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):22–39 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_22.

Грязевой вулканизм — одно из самых захватывающих и необычных явлений, происходящих при совместном действии подземных вод и газов и сопровождающихся выбросом на поверхность глинистых масс, обломков пород, образующихся при разрушении слагающих подводящий канал пород, а также углеводородов, преимущественно лёгких горючих газов.

На планете насчитывается около 2 000 как наземных, так и подводных грязевых вулканов (рис. 1). Распространены преимущественно в нефтегазоносных областях в предгорных и межгорных впадинах. Наиболее крупной грязевулканической областью является Кавказ, где сосредоточено более 200 вулканов. В северо-западной части Западно-Кубанской впадины (Таманский и Керченский полуострова) находится около ста построек грязевых вулканов. Подводные грязевые вулканы также широко распространены: они находятся на побережьях Тихого, Атлантического и Северного Ледовитого океана. Самой крупной провинцией с подводными грязевыми вулканами является Южнокаспийская впадина.

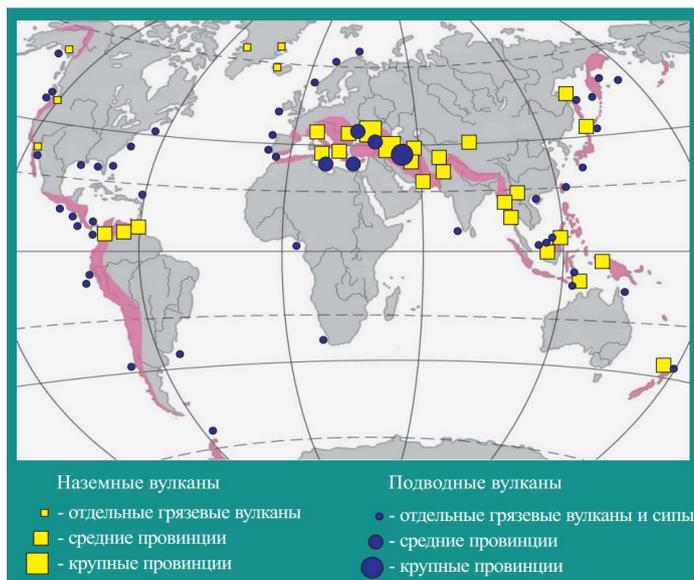


Рисунок 1 — Карта распространения грязевых вулканов в мире

Проявление процессов грязевого вулканизма считается одним из основных признаков, указывающих на перспективную нефтегазоносность территории на региональном этапе геологоразведочных работ. Научно доказана связь между формированием залежей углеводородов и появлением грязевых вулканов: преобразование органического материала на глубине приводит к образованию скоплений углеводородов в ловушках и способствует накоплению достаточного для образования глинистого вулкана объёма глинистого материала и газа.

Грязевые вулканы также встречаются в вулканических областях и чаще всего являются фумаролами — небольшими разломами или круглыми отверстиями, проходящими сквозь слои глины и вулканического пепла, через которые осуществляется перемещение глинистого материала из недр на земную поверхность.

Грязевые вулканы широко распространены в Азербайджане, на шельфе и побережьях Чёрного и Азовского морей, на Байкале, на территориях, входящих в Тихоокеанское вулканическое огненное кольцо, — на Сахалине, Камчатке, Курильских островах (рис. 2), а также сейсмически активных территориях — в Румынии, Тринидаде и Тобаго, Мьянме и др. Чаще всего расположение вулканов приурочено к крупным залежам нефти и газа, т. е. происхождение грязевых вулканов тесно связано с процессом образования углеводородов.

Для возникновения грязевых вулканов необходимо наличие тектонических нарушений, которые служат путём поступления и транспортировки терригенного и органического материала, наличие мощных толщ глинистого материала, обладающего достаточной для перемещения пластичностью, присутствие больших объёмов углеводородных газов, создающих аномально высокие пластовые давления и обеспечивающих перемещение глинистых масс к поверхности, а также наличие подземных вод для разжижения глины. Горючие газы под давлением поднимаются по ослабленным зонам на поверхность, увлекая за собой разжиженную подземными водами глинистую брекчию и вынося её на дневную поверхность.

Только при сочетании всех вышеперечисленных условий возможно формирование вулканических построек и дальнейшее их функционирование, что объясняет ограниченность проявления грязевого вулканизма на планете. Следует отметить, что грязевые вулканы приурочены не ко всем месторождениям нефти и газа.

Постройки эффузивных и грязевых вулканов с геоморфологической точки зрения очень похожи (рис. 3). Они представляют собой относительно правильный усечённый конус с отверстием, откуда происходят извержения. При нарастании подземного давления и дальнейшем извержении происходит частичное разрушение постройки, от отверстия расходится радиальная серия оврагов и трещин. При каждом новом извержении форма постройки изменяется. Для грязевого вулкана деформация конуса зависит от состава извергнувшегося материала: жидкие глинистые массы формируют низкий, пологий конус, а густые глинистые массы — высокий конус с крутыми склонами. Высота грязевулканических построек может колебаться от нескольких сантиметров до сотен метров.



Рисунок 2 — Карта распространения грязевых вулканов в России

Извержение грязевого вулкана может происходить с различной скоростью. Оно может быть медленным, когда глинистый материал постепенно выдавливается из конуса и стекает по склону. Часто встречаются случаи, когда извержение носит взрывной характер, как это происходит в Азербайджане. При выбросе терригенного и органического материала может происходить возгорание углеводородных компонентов, что приводит к появлению факела. Грязевые вулканы извергаются не постоянно. Наиболее часто этот процесс происходит в осеннее время, что связано с уменьшением давления над кратером и повышением водопритока подземных вод.

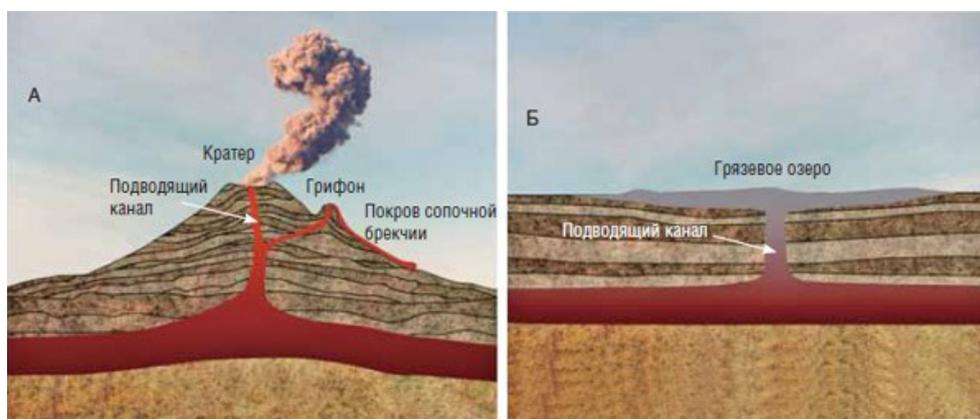


Рисунок 3 — Строение грязевого вулкана

Грязевые вулканы широко распространены на Таманском полуострове (рис. 4), и являются одной из главных его достопримечательностей. Большая их часть находится в Темрюкском районе. Всего здесь находится 25 вулканов высотой до 164 м. В результате их извержений происходит изменение рельефа вблизи места извержения. Например, при опустошении вулканической камеры поверхность начинает проседать за счёт понижения давления, образуя кальдеру, которая впоследствии заполняется дождевыми осадками и морской водой (за счёт гидродинамической связи с морем). Примером подобного образования может послужить Голубицкое озеро, образовавшееся при извержении подводного грязевого вулкана.

Считается, что сопочные грязи вулканов обладают целебными свойствами. Несмотря на то, что положительный эффект, получаемый при использовании глин, не доказан с научной точки зрения, вулканический материал широко используется людьми в лечебных целях. Вулканические грязи содержат в своем составе сероводород, йод, бор и другие микрокомпоненты.

Основным компонентом сопочных брекчий являются майкопские глины, содержащие конкреции сульфидных минералов, а также огранённые кристаллы таких минералов, как пирит, актинолит, пироп и др. При извержении подводных вулканов на Таманском полуострове, которые возвышаются над поверхностью моря, происходит их постепенное разрушение волнами и течениями, за счёт чего происходит переотложение излившихся глин в виде протяжённых морских баров, сложенных смесью песчаного и глинистого материала.



Рисунок 4 — Карта распространения грязевых вулканов на Таманском полуострове

Старейшим из исследованных грязевых вулканов Таманского полуострова является вулкан Гефест (рис. 5), находящийся на юго-востоке от г. Темрюка Краснодарского края. Сопка невысокая, плоская, её диаметр составляет около 500 м, в её центре расположена кальдера, заполненная водой. На территории вулкана расположено около ста грязевых ключей. Последнее извержение произошло весной 2010 г.

Гефест является действующим вулканом, длительное время находится в грифоновой стадии: крупные грифоны расположены по периферии сопочного поля, часто объединены в цепочки. Интенсивность деятельности и консистенция выделяемого сопочного ила колеблется от воды и жидкого ила до пластичной глины. На некоторых участках грифоны пробиваются сквозь поверхность сопочного поля. На поверхности сопочных брекчий наблюдается серо-белый налёт неорганических солей (преимущественно, боратов).

Многочисленные салызы диаметром до 20 см находятся на всей площади вулкана; некоторые из них были действующими, что отражалось в появлении пузырей на поверхности водно-глинистой массы, которые поджигались огнём (рис. 6).

Размеры грифонов — от десятков сантиметров до 2–3 м в диаметре, в высоту до 3 м.

Самыми высокими грифонами на Гефесте являются грифоны, располагающиеся в восточной части вулкана (рис. 7). Три грифона образуют собой практически единую постройку, один из них на момент исследования являлся действующим. Высота около 3 м, диаметр жерла около 20 см. Действующий грифон покрыт тёмно-серой с голубоватым оттенком глиной, стекающей по стенкам постройки вниз (рис. 8). Два прилегающих к нему грифона покрыты светлоричневой глиной.



Рисунок 5 — Вулкан Гефест



Рисунок 6 — Бурлящая сальза

Рядом с ними располагался четвёртый грифон, который на данный момент не действует (рис. 9). Склоны покрыты коричневато-жёлтой глиной и обломочным материалом. Жерло грифона засыпано глинистым материалом.

Сам вулкан, кратеры и озёра грязи в основном расположены по краям плато. Большое озеро располагается по центру. Засохшие и покрытые твёрдой коркой старые потоки грязи показывают, в каких местах были извержения и в какую сторону стекала грязевая жижа. Особенно много старых потеков на северном склоне г. Гнилой. С северо-западного склона открывается живописный вид на Темрюк.

Поверхность жерла неровная, наблюдаются многочисленные понижения рельефа. Образовавшиеся низменности заполняются водой и глиной, формируя небольшие каналы или целые озера (рис. 10).

Грязевые озёра различаются по цвету. Оттенки грязи варьируются от тёмно-серого и голубоватого до зеленоватого. Грязевой слой густой, вязкий, тёплый и мягкий. Глина растрескивается, образуя угловатые формы (рис. 11).

В середине XX в. на территории Гефеста располагалась лечебница, где с помощью глин лечили ревматизм. На данный момент на вулкане оборудованы специальные места для купания (рис. 12). Глину Гефеста сушат и продают отдыхающим.

Из грифонов выделяется голубовато-серая глина с лёгким запахом сероводорода, известковистая, преимущественно состоящая из монтмориллонита, также присутствуют мелкие включения обломочного материала. Глина пластичная, вязкая, липнет к рукам (рис. 13).

Вместе с глинами из грифонов и сальз извергается крупный обломочный материал — обожжённые глины, песчаники, сидериты, известняки (рис. 14).



Рисунок 7 — Постройка грифонов



Рисунок 8 — Действующий грифон



Рисунок 9 — Бездействующий грифон



Рисунок 10 — Протяжённые низменности на жерле вулкана



Рисунок 11 — Застывшая после извержения глина



Рисунок 12 — Оборудованное место для купания



Рисунок 13 — Образец глины грифона на вулкане Гефест

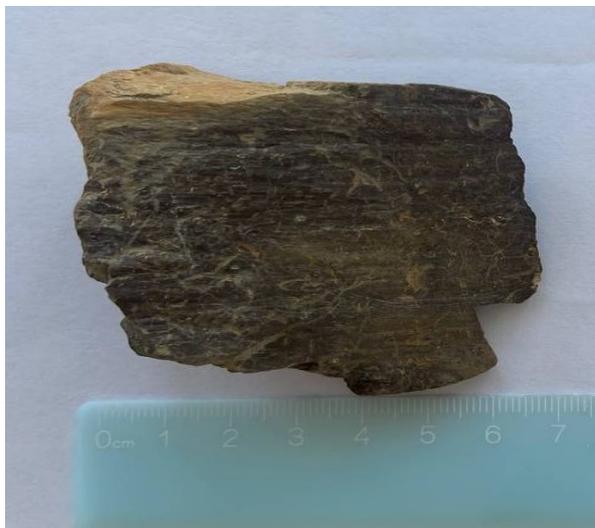


Рисунок 14 — Образцы обломочного материала

Грязевой вулкан Ахтанизовская сопка (рис. 15), располагающийся в станице Ахтанизовская Темрюкского района, имеет высоту 67 м над уровнем моря. Основание сопки сложено глинами и серыми, почти чёрными известняками. Постройка вулкана представляет собой конус, на вершине которого наблюдается голубоватая глина (она выделялась при периодическом извержении вулкана). Постройка вулкана представляет собой усеченный конус с крутизной склонов 15–30°.



Рисунок 15 — Ахтанизовский грязевой вулкан (фото Л. В. Глебовой)

Основной кратер вулкана, сложенный коричневатато-серыми глинами, имеет размер 10 × 10 м, в настоящее время не действует. В западной части кратера расположен грифон с очень пологими стенками, диаметр 50 см, высота около 1 м, заполнен голубоватой глиной, время от времени смешивающейся с дождевыми осадками (рис. 16).



Рисунок 16 — Грифон вулкана Ахтанизовский

Склоны покрыты высохшей сопочной брекчией серо-коричневого цвета с обломками песчаников, конкрециями сидеритов и лимонитов, кремнями. Молодые потоки представлены голубовато-серыми майкопскими глинами, уже застывшие потоки покрыты травой (рис. 17).

На восточном склоне, у подножия вулкана, присутствует грифон с тёмно-серой, голубоватой глиной, имеющей запах сероводорода (рис. 18). От грифона на юг отходят потоки светло-бежевых с голубоватым оттенком глин, часть потоков поросла травой. Застывшие потоки образуют на южном склоне вулкана холмистый рельеф (рис. 19).

На севере также расположен небольшой грифон, от которого отходят ещё не высохшие потоки голубовато-серых майкопских глин.

На южной стороне вулкана располагается небольшая сальза с небольшим углублением в центре 8×8 см, заполненным голубовато-серыми глинами (рис. 20).

На высоте 20–60 м часто обнаруживаются остатки древней флоры и фауны, что указывает на сравнительно недавнее поднятие территории.



Рисунок 17 — Потоки голубой глины на северном склоне вулкана Ахтанизовский



Рисунок 18 — Грифон вулкана Ахтанизовский

Образец глины, отобранной из глинистого потока на северном склоне вулкана, имеет тёмно-серый цвет с голубоватым отливом, глина комковатая, пластичная, вязкая, хорошо лепится, имеет землистый запах (рис. 21). При подсыхании становится более вязкой, появляются мелкие пластинки аргиллитов, глина растрескивается, образуя характерные угловатые формы. Глина содержит мелкие глинистые частицы (преимущественно монтмориллонит), лимонитовые конкреции, липнет к рукам, активно реагирует с соляной кислотой, что указывает на карбонатную примесь в составе.



Рисунок 19 — Глинистые потоки на склоне Ахтанизовского грифона



Рисунок 20 — Сальза вулкана Ахтанизовский



Рисунок 21 — Голубая майкопская глина грифонов Ахтанизовского вулкана

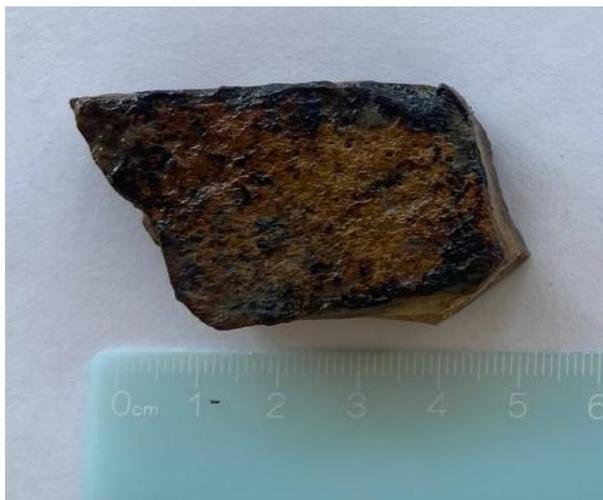


Рисунок 22 — Образцы обломочного материала Ахтанизовского вулкана

Помимо глинистого материала, в потоках глин часто обнаруживаются обломки песчаников, известняков, сидеритов, иногда пиритов. Многие породы обожжены (рис. 22).

Голубицкий грязевой вулкан в ст. Голубицкой Темрюкского района является действующим подводным вулканом. Его протяжённость составляет 100 м, высота — 2 м. Постройка сложена глинами и брекчиями. Вулкан извергается раз в 6–8 лет, образуя небольшой остров, сложенный излившейся из вулкана глиной (рис. 23). Каждое извержение сопровождается подводным гулом и небольшим землетрясением; высота столба вырывающихся из жерла глинистых масс может достигать 50 м, причём время выбросов, в среднем, составляет около часа.

Вулкан образует на дне моря положительную форму рельефа, что можно заметить, когда подходящие к берегу волны разбиваются на небольшом удалении от берега (рис. 24).

После извержения Голубицкого вулкана образовавшийся остров постепенно разрушается под воздействием волн, и образовавшаяся взвесь уносится в сторону берега. Формируются протяжённые подводные валы, которые местные называют «пересыпь». Они располагаются примерно в 20 м от берега, глубина там небольшая и в самой возвышенной части составляет порядка 20–30 см. Следует отметить, что самые возвышенные участки находятся возле подводного вулкана, при удалении от него в правую и левую стороны высота вала относительно дна уменьшается.

Бары сложены преимущественно сероватым тёмно-зелёным глинистым материалом (глауконитовым) с примесью жёлто-коричневого песчаного материала побережья (рис. 25). В составе смеси при макроскопическом описании обнаруживаются частицы сиреневых слюд — лепидолитов, серебристых слюд — серицитов, золотистых слюд — мусковитов. Вероятно, подобные ассоциации минералов обусловлены особенностью пород, которые встречаются в подводном жерле вулкана. В отличие от песчаного материала побережья, в отобранном образце отсутствуют частицы известковых раковин размерами более 1 мм. Зёрна неокатанные, преимущественно изометричной формы.

Со временем водные постройки разрушаются, и майкопские глины перемещаются ближе к берегу. Вблизи побережья (на удалении 2–5 м от берега) соотношение глинистого и песчаного материала составляет 50 : 50, далее песчаный материал начинает резко преобладать (рис. 26).



Рисунок 23 — Грязевой вулкан Голубицкий (фото Л. В. Глебовой)



Рисунок 24 — Грязевой вулкан Голубицкий



Рисунок 25 — Образец глинистого материала морского бара



Рисунок 26 — Образец глинисто-песчаного материала вблизи берега



Рисунок 27 — Цементированные обломки вулкана Голубицкий

На берег после шторма могут выноситься сцементированные органоглинисто-карбонатным материалом породы, содержащие обломки раковин моллюсков, кораллов, а также неокатаные минералы (рис. 27). Встречаются более крупные обломки слюд (мусковит, биотит), карбонаты железа и магния, эпидот, конкреции песчаников, обломки крупных кристаллов полевых шпатов. Это указывает на то, что канал вулкана уходит далеко в недра Земли до метаморфического фундамента. Согласно некоторым оценкам, глубина вулкана достигает 12 км.

На берегу, в 100 м от Голубицкого вулкана, располагается Голубицкое озеро, которое возникло при заполнении кальдеры дождевой и морской водой. На дне водоёма находится чёрный сапропелевый ил. Эти массы используются в лечебных целях. Глины имеют специфический сероводородный запах, который обусловлен особенностями формирования. Рядом с озером находится грязелечебница, где желающие могут принять грязевые ванны.

Таким образом, грязевой вулканизм является уникальным и необычным явлением. Постройки грязевых вулканов могут находиться как на поверхности земли, так и на дне моря. При извержении образуются разнообразные формы рельефа, как положительные, так и отрицательные. Минералы, которые выносятся с грязебрекчиями, уникальны по своим формам выделения и при достаточных скоплениях могут представлять промышленный интерес.

Список литературы

1. Бочарова Р. И. Грязевые вулканы Таманского полуострова. Краснодар: КрайСЮТур, 2000. С. 10–79.
2. Губкин И. М. Грязевые вулканы Советского Союза и их связь с нефтегазоносностью. Избранные сочинения. Москва: АН СССР, 1950. Т. 1. С. 495–523.
3. Глебова Л. В., Михайлова Е. А. Распространение и геоморфологическая классификация грязевых вулканов в мире // Геология, география и глобальная энергия. 2020. № 4 (79). С. 9–21.
4. Карпунин А. М., Мамонов С. В., Мироненко О. А., Соколов А. Р. Геологические памятники природы России. Москва: Лориен, 1998. С. 12–18.
5. Короновский Н. В., Якушова Я. Ф. Основы геологии. Москва, 1991. С. 416.
6. Лыгина Т. И., Лыгин В. А. Путеводитель полевой геологической экскурсии по грязевым вулканам Северо-Западного Кавказа. Геленджик: Южморгеология, 2006.
7. Лебедева И. А. Грязевой вулканизм на территории России. Вологда: Вологодский гос. ун-т, 2016. 41 с.
8. Рахманов Р. Р. Грязевые вулканы и их значение в прогнозировании газонефтеносности недр. Москва: Недра, 1987. С. 174.
9. Холодов В. Н. О природе грязевых вулканов // Природа. 2002. № 11. С. 47–58.
10. Холодов В. Н. Грязевые вулканы: распространение и генезис // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012. № 4. С. 1–27.
11. Шнюков Е. Ф., Шереметьев В. М. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ГлавМедиа. 2006. С. 176.
12. Шнюков Е. Ф., Соболевский Ю. В., Гнатенко Г. И. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. Киев: Наукова думка, 1986. С. 152.

References

1. Bocharova R. I. *Mud volcanoes of the Taman Peninsula*. Krasnodar: KraySYuTur, 2000:10–79 (In Russ.)
2. Gubkin I. M. *Mud volcanoes of the Soviet Union and their connection with oil and gas potential. Selected works*. Moscow: USSR Academy of Sciences; 1950;1:495–523 (In Russ.).
3. Glebova L. V., Mikhailova E. A. Distribution and geomorphological classification of mud volcanoes in the world. *Geology, Geography and Global Energy*. 2020;4(79):9–21 (In Russ.).
4. Karpunin A. M., Mamonov S. V., Mironenko O. A., Sokolov A. R. *Geological monuments of nature of Russia*. Moscow: Lorien;1998:12–18 (In Russ.).
5. Koronovsky N. V., Yakushova Ya. F. *Fundamentals of geology*. Moscow;1991:416 (In Russ.).
6. Lygina T. I., Lygin V. A. *Field guide of a geological tour of mud volcanoes of the North-West Caucasus*. Gelendzhik: Yuzhmoregeologiya; 2006 (In Russ.).
7. Lebedeva I. A. *Mud volcanism in Russia*. Vologda: Vologda State University; 2016:41 (In Russ.).
8. Rakhmanov R. R. *Mud volcanoes and their significance in predicting the gas and oil content of the subsoil*. Moscow: Nedra; 1987:174 (In Russ.).
9. Kholodov V. N. On the nature of mud volcanoes. *Nature*. 2002;11:47–58 (In Russ.).
10. Kholodov V. N. Mud volcanoes: distribution and genesis. *Geology and minerals of the World Ocean*. Moscow: 2012;4:1–27 (In Russ.).
11. Shnyukov E. F., Sheremetyev V. M. *Mud volcanoes of the Kerch-Taman region*. Krasnodar: GlavMedia; 2006:176 (In Russ.).
12. Shnyukov E. F., Sobolevsky Yu. V., Gnatenko G. I. *Mud volcanoes of the Kerch-Taman region*. Kiev: Naukova dumka; 1986:152 (In Russ.).

Информация об авторах

Глебова Л. В. — кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель;
Енина Е. Д. — студент;

Information about the authors

Glebova L. V. — Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Senior Lecturer;
Enina E. D. — 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 01.03.2023; одобрена после рецензирования 17.03.2023; принята к публикации 10.04.2023.

The article was submitted 01.03.2023; approved after reviewing 17.03.2023; accepted for publication 10.04.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. №2 (89). С. 40–45.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):40–45 (In Russ.).

Научная статья
УДК 551.7(574.1)
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_40

СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО БОРТА ЮЖНО-МАНГЫШЛАКСКОГО ПРОГИБА

Попков Василий Иванович¹, Попков Иван Васильевич², Дементьева Ирина Евгеньевна³
^{1, 2, 3} Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
¹ geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2959-4901>
² iv-popkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2386-6611>
³ geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3526-2273>

Аннотация. Объектом настоящих исследований являются триасовые отложения северного борта Южно-Мангышлакского прогиба, в которых открыты наиболее значимые промышленные скопления углеводородов в доплитном комплексе. Для расчленения и корреляции разрезов использованы материалы геофизических исследований скважин, включающие все виды каротажа. Особое место отведено микроскопическому изучению пород с целью определения их состава и генезиса, характера постседиментационных преобразований. Привлечены имеющиеся на текущий момент палеонтологические определения. На основании детального литолого-стратиграфического анализа триасовых отложений, вскрытых глубокими скважинами в пределах северного борта Южно-Мангышлакского прогиба, составлен типовой разрез, отражающий главные закономерности строения доюрских отложений района исследований. Выделены характерные литологические толщи и осуществлена их стратиграфическая привязка. Произведена межплощадная корреляция разрезов глубоких скважин Жетыбай-Узеньской тектонической ступени. Полученные результаты могут быть использованы при изучении закономерностей размещения скоплений нефти и газа и определении перспектив нефтегазоносности региона.

Ключевые слова: Южный Мангышлак, триас, литология, стратиграфия, корреляция

Для цитирования: Попков В. И., Попков И. В., Дементьева И. Е. Строение разреза триасовых отложений северного борта Южно-Мангышлакского прогиба // *Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 40–45.* https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_40.

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00037.

STRUCTURE OF THE SECTION OF THE TRIASSIC DEPOSITS OF THE NORTHERN SIDE SOUTH MANGYSHLAK TROUGH

Vasily I. Popkov¹, Ivan V. Popkov², Irina E. Dementieva³
^{1, 2, 3} Kuban State University, Krasnodar, Russia
¹ geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2959-4901>
² iv-popkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2386-6611>
³ geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3526-2273>

Abstract. The object of the present research is the Triassic deposits of the northern side of the Yuzhno-Mangyshlak trough, in which the most significant industrial accumulations of hydrocarbons in the pre-plate complex are discovered. To dissect and correlate the sections, the materials of geophysical studies of wells, including all types of logging, were used. A special place is given to the microscopic study of rocks in order to determine their composition and genesis, the nature of post-sedimentation transformations. The currently available paleontological definitions are involved. Based on a detailed lithological and stratigraphic analysis of Triassic sediments exposed by deep wells within the northern side of the Yuzhno-Mangyshlak trough, a typical section reflecting the main patterns of the structure of the Pre-Jurassic sediments of the research area has been compiled. Characteristic lithological strata are identified and their stratigraphic binding is carried out. The interplane correlation of sections of deep wells of the Zhetybai-Uzen tectonic stage was made. The obtained results can be used in studying the patterns of oil and gas accumulations and determining the prospects of oil and gas potential of the region.

Keywords: Southern Mangyshlak, Triassic, lithology, stratigraphy, correlation

For citation: Popkov V. I., Popkov I. V., Dementieva I. E. Structure of the section of the Triassic deposits of the northern side South Mangyshlak trough. *Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):40–45 (In Russ.).* https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_40.

Acknowledgments: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation № 23-27-00037.

В триасовых отложениях Южного Мангышлака открыто около двадцати месторождений нефти и газа. Несмотря на более чем сорокалетнюю историю их изучения, до настоящего времени существуют серьезные разногласия в литолого-стратиграфическом расчленении и корреляции вскрытых скважинами разрезов. Эти проблемы во многом обусловлены использованием некоторыми исследователями информации по ограниченному количеству скважин, нехваткой палеонтологических данных, а зачастую недостаточном вниманием к детальным литологическим исследованиям вскрываемых скважинами пород. Результатом этого является разноречивость в представлениях о стратиграфическом положении продуктивных горизонтов на отдельных месторождениях и, тем более, при их сопоставлении с другими площадями. Соответственно, это создаёт проблемы при решении нефтегеологических задач, оценке перспектив нефтегазонасыщенности новых районов.

Объектом настоящих исследований являются триасовые отложения северного борта Южно-Мангышлакского прогиба, в которых открыты наиболее значимые промышленные скопления углеводородов. Для расчленения и корреляции разрезов использованы материалы геофизических исследований скважин, включающие все виды каротажа. Особое место отведено микроскопическому изучению пород с целью определения их состава и генезиса, характера постседиментационных преобразований. Привлечены все имеющиеся на текущий момент палеонтологические определения. Изучены и критически проанализированы результаты работ наших предшественников.

На основе полученных результатов осуществлено расчленение разреза на слагающие его литологические толщи, составлен сводный разрез триасовых отложений северного борта прогиба, произведена корреляция разрезов глубоких скважин, уточнены границы выделяемых свит. Для удобства практического использования литологическим толщам присвоены индексы (T_1^0 , T_1^1 , T_1^2 и т. д.), отражающие их возрастную последовательность расположения в разрезе. При межплощадной корреляции были привлечены также данные сейсморазведки.

Наиболее древние отложения (толща T_1^0) вскрыты на Узеньском поднятии скв. 115 в интервале глубин 4 250–4 450 м (забой). Керновым материалом эта часть разреза освещена слабо. Судя по незначительным выносам керна и электрокаротажной характеристике пород, в его строении преобладают красноцветные грубозернистые терригенные породы (песчаники, алевролиты). Вскрытая мощность отложений составляет 200 м (рис. 1). На основании положения в разрезе и сходства с долнапинской свитой Горного Мангышлака предполагается индский возраст данной толщи. Глубоким бурением её отсутствие доказано на поисково-разведочных площадях, расположенных в юго-западной части Жетыбай-Узеньской ступени (площади Баканд, Саукдук, Южный Жетыбай, Бектурлы, Придорожная, Жетыбай, Западный Жетыбай и Северо-Западный Жетыбай).

Выше залегает мощная монотонная алевролитово-аргиллитовая пестроцветная толща (T_1^1), сложенная аргиллитами, туфоаргиллитами с маломощными прослоями алевролитов, мелко-среднезернистых песчаников, карбонатных пород (интервал 2 683–4 250 м). Аргиллиты серые, зеленовато-серые, коричневатого-серые, буровато-коричневые хорошо отмученные, карбонатные, слабослюдястые, неяснослоистые, плотные. В верхах разреза появляются прослои зеленовато-серых туфов и туффитов, основная масса которых заменена глинистыми минералами или слабо раскристаллизованным глинисто-кремнистым веществом.

Возраст этой толщи обоснован находкам фауны и флоры [1–3] и уверенно датируется как раннетриасовый. В скв. Узень 115 (интервал глубин 2 901–2 911 м) в верхней части разреза обнаружены аммониты *Dorikranites bogdoanus* (Buch), датирующие вмещающие отложения как позднеоленинские (самые низы). Мощность толщи в пределах Жетыбай-Узеньской ступени колеблется от 250 м (скв. Придорожная 2) до 1 567 м (скв. Узень 115). Столь большая мощность пестроцветной толщи в последней скважине, возможно, не соответствует истинной, поскольку углы напластования пород составляют здесь 55–70°.

Возраст подстилающей более грубозернистой толщи T_1^0 , вероятно, индский. Объединение её с вышележащих отложений (варианты границ — 3 500–4 450 м [4], 3 700–4 450 м [5]) условно, поскольку на указанных глубинах не установлены литологические разделы или геофизические реперы.

На перечисленных выше площадях южной и западной частей Жетыбай-Узеньской ступени, где данные отложения залегают с размывом на палеозойских образованиях, в основании толщ выделяется базальная пачка мощностью 20–30 м, в составе которой преобладают грубозернистые породы с прослоями гравелитов и мелкогалечных конгломератов, содержащими плохосортированные и слабоотсортированные обломки подстилающих магматических и метаморфических пород [8; 9].

Карбонатно-терригенная толща (T_1^2), залегающая с размывом на подстилающих отложениях, сложена песчаниками, алевролитами, аргиллитами, известняками. Во всех литологических разностях отмечается постоянная примесь вулканогенного материала. Подчинённое значение имеют отдельные маломощные прослои туфов. Окрашены породы в тёмно-серые, серые, зеленовато-серые цвета. Песчаники и алевролиты по составу полимиктовые, аркозовые, меньше известковистые. Многочисленные прослои известняков представлены обломочными, детритовыми, кристаллическими, пелитоморфными, доломитизированными и песчанистыми разностями.

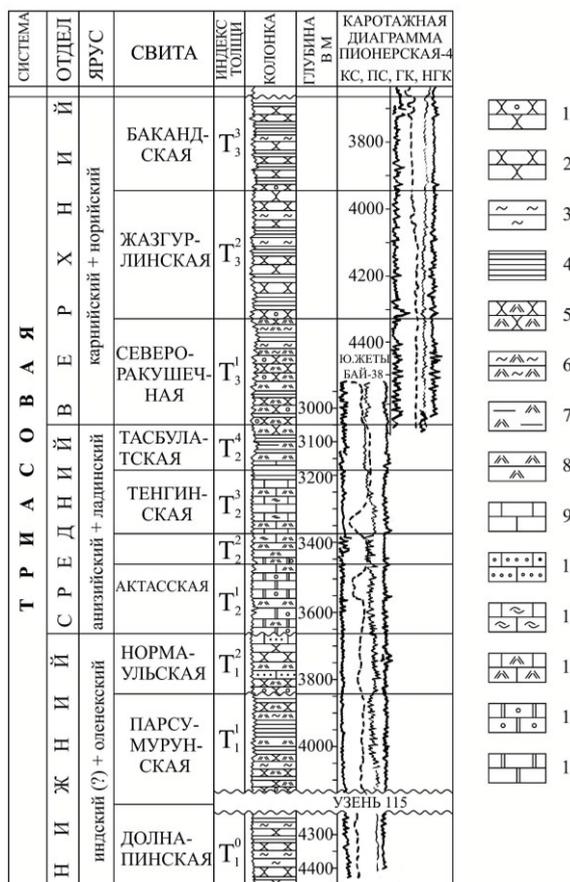


Рисунок — Сводный разрез триасовых отложений северного борта Южно-Мангышлакского прогиба: 1 — песчаники грубозернистые с гравийной примесью; 2 — песчаники средне- и мелкозернистые; 3 — алевролиты; 4 — аргиллиты; 5 — туфопесчаники; 6 — туфоалевролиты; 7 — туфоаргиллиты; 8 — туффиты и туфы; 9 — известняки мелкозернистые и кристаллические; 10 — известняки с терригенной примесью; 11 — известняки органогенно-детритовые; 12 — туфоизвестняки; 13 — доломиты оолитово-комковатые и оолитово-обломочные; 14 — доломиты сгустковые

Благодаря многочисленным находкам амmonoидей возраст отложений уверенно датируется как позднеоленекский [2–5]. В северном и восточном направлениях мощность толщи заметно возрастает, достигая 828 м на Тенгинском поднятии (скв. 52) и 1 043 м на Узени (скв. 113), при одновременном повышении глинистости разреза, сопровождающимся ухудшением коллекторских свойств пород. Отсутствие отложений в разрезе установлено в районе Северо-Западного Жетыбая, площадей Придорожная, Саукдук и Баканд.

На отложениях нижнего триаса с размывом залегают вулканогенно-доломитовая толща (T_2^1) среднего триаса. Характерной особенностью толщи является широкое развитие в её составе оолитово-комковатых и оолитово-обломочных доломитов, переслаивающихся с туфогенными прослоями, органогенно-детритовыми и микрoзернистыми известняками [7; 10]. Обломочные известняки и доломиты чёрные с буроватым оттенком, неравномерно битуминозные. Обломоч-

ная часть составляет 50–60 %. Обломки окатанной формы, размер их от 0,05 до 7,00 мм, преобладает размер 0,3–0,5 мм. Макротрещины (0,5–1,2 см) заполнены кремнистым и карбонатным веществом. Микротрещины (до 2 мм) слабоволнистые, часто заполнены битумом. Органогенно-детритовая примесь представлена перекристаллизованными створками остракод.

Оолитово-обломочные доломиты тёмно-серого цвета, неравномерно пропитаны битумом. Оолиты и окатанные обломки размером 0,3–1,7 мм, преобладает значения 0,4–0,7 мм. Оолиты имеют концентрически-слоистое строение, реже — радиально-лучистые, часто обволакиваются тонкими плёнками битума. Присутствуют единичные окатанные обломки эффузивов, кремнистых пород (0,2–0,7 мм). Многочисленные микростилолитовые швы выполнены глинисто-битуминозным веществом.

Органогенно-детритовые известняки от мелко- до грубодетритовых, глинистые, местами окремненные, доломитизированные. Основная масса сложена кальцитизированными раковинами пелеципод, фораминифер и гастропод (до 7 мм), водорослевым детритом, изредка мелкозернистым кальцитом и кремнезёмом.

В нижней половине толщи увеличивается роль туфогенных пород, органогенно-детритовых и копролитовых известняков.

Согласно фаунистическим находкам, возраст вулканогенно-доломитовой толщи, а также описываемых ниже трёх последующих толщ датируется как среднетриасовый [2; 4]. На наблюдаемое ныне площадное распространение толщи в значительной мере повлиял предъюрский разрыв: её отсутствие доказано в северной части Жетыбай-Узеньской ступени и практически на всей территории Кокумбайской моноклинали. В местах, не затронутых разрывом, мощность толщи T_2^1 составляет 230 м (скв. Южный Жетыбай 4-П).

В строении известняково-вулканогенной толщи (T_2^2) важное значение приобретают вулканокластические породы, чередующиеся с известняками, среди которых выделяются как оолитово-комковатые и оолитово-обломочные, так и органогенно-детритовые, полидетритовые, шламовые разности. Подчинённую роль играют песчаники, аргиллиты и доломиты. Мощность толщи в районах, не затронутых разрывом, колеблется от 50 до 107 м.

Выше лежащая вулканогенно-известняковая толща (T_2^3) представлена в основном органогенно-детритовыми (существенно остракодовыми) и шламовыми известняками чёрного цвета с прослоями, обогащёнными вулканогенным материалом. В середине толщи его содержание заметно возрастает, в результате чего она оказывается разделенной на две части.

Органогенно-детритовые известняки по составу остракодовые, спонголитовые, остраково-спонголитовые, полидетритовые с детритом и целыми формами остракод, спикул, харовых, нитеподобных водорослевых форм [7; 10]. Отмечается микрослоистость, обусловленная сортировкой органогенного материала по размеру и составу, слабая доломитизация, битуминизация, участками окремнение.

Туфы кристалло-витрокластические, реже пепловые. Туффиты отличаются от туфов примесью (5–15 %) доломитовых комков и органогенного детрита.

От предъюрского разрыва эта часть разреза сохранилась лишь в юго-западных и южных районах Жетыбай-Узеньской ступени, где её мощность достигает 300 м. Возраст пород датирован многочисленными фаунистическими находками [1; 3; 5].

Завершает разрез среднего триаса вулканогенно-аргиллитовая толща (T_2^4), представленная неравномерно переслаивающимися туфоаргиллитами, аргиллитами с редкими прослоями (0,5–2,0 м) кристалло- и витрокластических туфов, единичными прослоями (до 1,5 м) туфопесчаников и известняков. Преобладает чёрная окраска пород. В сохранившихся от разрыва разрезах мощность толщи составляет 80–160 м.

В составе трансгрессивно налегающих отложений верхнего триаса выделяются три толщи (снизу вверх): туфогенно-терригенная, песчаниково-аргиллитовая и аргиллито-песчаниковая (рис. 1).

Туфогенно-терригенная толща (T_3^1) сложена разнозернистыми (от среднезернистых до грубозернистых) песчаниками и туфопесчаниками, туфоалевролитами и туфоаргиллитами. В её основании выделяется песчано-гравелитовая пачка мощностью от 20–30 до 70 м. В составе кластического материала присутствуют обломки магматических и метаморфических пород. Характерно наличие переотложенных продуктов разрушения ниже лежащих туфогенных пород, отличающихся слабой окатанностью (вплоть до остроугольных обломков) и размером до 2–3 см. Всё это указывает на базальный характер пачки, фиксирующей начало нового цикла седиментации.

Учитывая, что эта пачка имеет региональное распространение, а также слабую палеонтологическую охарактеризованность этой части разреза, по её подошве было предложено проводить границу между средним и верхним отделами триаса [6; 7].

Залегающая выше песчаниково-аргиллитовая толща (T_3^2) характеризуется сравнительно равномерным чередованием серых и тёмно-серых песчаников, алевролитов и аргиллитов при преобладании последних. Отличительной особенностью толщи является отсутствие в её составе вулканогенного материала. Мощность отложений достигает 440 м.

Венчает разрез верхнего триаса аргиллитопесчаниковая толща (T_3^3). Присутствие её в разрезе доказано лишь после разбуривания поднятий Баканд, Пионерская и Сакудук, расположенных в зоне сочленения Жетыбай-Узеньской ступени и Жазгурлинской депрессии. Её максимальная вскрытая мощность — 286 м (скв. Пионерская 4). По сравнению с нижележащей толщей, отмечается появление более грубого материала с преобладанием терригенных пород псаммитовой размерности. Здесь обнаружены спорово-пыльцевые комплексы, содержащие *Disaccites* gen. sp., *Chasmatosporites hians* Nilss., *Ch. major* Nilss., *Ch. apertus* (Rog.) Nilss., *Kyrtomispores speciosus* Madl., *Alisporiles astigmosus* (Lesch.) Kl., *Limbosporites lundbladeae* Nilss., *Ginkgolizonaletes delicatus* Orb.-Zw., *Leschikisporites aduncu* (Leschik) Potonje, *Ovalipollis* cf. *pseudoalatus* (Triergart.) Schuurman, *Zbrasporites* sp. [1; 2], указывающие на поздне триасовый возраст пород.

Таким образом, проведённые исследования позволили выполнить детальное литологическое расчленение триасового разреза северного борта Южно-Мангышлакского прогиба, проследить площадное распространение выделенных литологических толщ. Полученные результаты дают возможность осуществить корректную литолого-стратиграфическую привязку залежей нефти и газа, открытых на разных поисково-разведочных площадях исследуемой территории.

Список литературы

1. Алексеева Л. В., Виноградова К. В., Цатурова А. А. Стратиграфическое расчленение триасовых отложений Южного Мангышлака // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1991. Т. 66, вып. 4. С. 37–43.
2. Алиев М. М., Алексеева Л. В., Виноградова К. В. Стратиграфия триасовых отложений Южного Мангышлака // Проблемы геологии нефти. Закономерности формирования и размещения месторождений нефти и газа. Москва: ИГиРГИ, 1977. С. 96–107.
3. Липатова В. В. Проект стратиграфических схем триасовых отложений Мангышлака и Устюрта // Стратиграфия и палеонтология триасовых отложений Мангышлака и Устюрта. Москва: ВНИГНИ, 1984. С. 33–56.
4. Липатова В. В., Волож Ю. А. Корреляция триасовых отложений // Триас Южного Мангышлака. Москва: Недра, 1981. С. 71–86.
5. Оруджева Д. С., Данилин А. Н., Едренкин С. С. Литофизика и нефтегазоносность триасовых отложений запада Туранской плиты. Москва: Наука, 1984. 136 с.
6. Попков В. И. Формационные особенности и перспективы нефтегазоносности доюрского осадочного комплекса Арало-Каспийского региона // Формации осадочных бассейнов. Москва: Наука, 1985. С. 252–253.
7. Попков В. И., Письменная О. В. Литолого-стратиграфическое расчленение и корреляция триасовых отложений на Южном Мангышлаке // Известия вузов. Геология и разведка. 1986. № 11. С. 3–11.
8. Попков В. И., Попков И. В. Состав и постдиагенетические преобразования отложений нижнего структурного яруса палеозоя Запада Туранской плиты // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 4 (75). С. 67–77.
9. Попков В. И., Попков И. В. Структурно-формационная характеристика верхнепалеозойских отложений запада Туранской плиты // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 4 (75). С. 9–17.
10. Чербянова Л. Ф., Попков В. И., Проняков В. А. Литологические особенности и коллекторские свойства триасового вулканогенно-карбонатного комплекса Южного Мангышлака // Геология нефти и газа. 1984. № 11. С. 55–59.

References

1. Alekseeva L. V., Vinogradova K. V., Tsaturova A. A. Stratigraphic dissection of Triassic deposits of Southern Mangyshlak. *Bulletin MOIP. Part geological*. 1991;66(4):37–43 (In Russ.).
2. Aliyev M. M., Alekseeva L. V., Vinogradova K. V. Stratigraphy of Triassic deposits of Southern Mangyshlak. *Problems of petroleum geology. Regularities of formation and placement of oil and gas deposits*. Moscow: IGI RGI; 1977:96–107 (In Russ.).
3. Lipatova V. V. Project of stratigraphic schemes of Triassic deposits of Mangyshlak and Ustyurt. *Stratigraphy and paleontology of the Triassic deposits of Mangyshlak and Ustyurt*. Moscow: VNI GNI; 1984: 33–56 (In Russ.).
4. Lipatova V. V., Volozh Yu. A. Correlation of Triassic deposits. *Triassic of Southern Mangyshlak*. Moscow: Nedra; 1981:71–86 (In Russ.).
5. Orujeva D. S., Danilin A. N., Edrenkin S. S. Lithophysics and oil and gas potential of Triassic deposits of the west of the Turan plate. Moscow: Nauka; 1984:136 (In Russ.).
6. Popkov V. I. Formation features and prospects of oil and gas potential of the Pre-Jurassic sedimentary complex of the Aral-Caspian region. *Formations of sedimentary basins*. Moscow: Nauka; 1985:252–253 (In Russ.).
7. Popkov V. I., Pisannaya O. V. Litho-stratigraphic dissection and correlation of Triassic deposits in the Southern Mangyshlak. *Izvestiya vuzov. Geology and exploration*. 1986;11:3–11 (In Russ.).

8. Popkov V. I., Popkov I. V. Composition and postdiagenetic transformations of sediments of the lower structural tier of the Paleozoic of the West of the Turan plate. *Geology, Geography and Global Energy*. 2019;4(75): 67–77 (In Russ.).
9. Popkov V. I., Popkov I. V. Structural and formation characteristics of Upper Paleozoic deposits of the west of the Turan plate. *Geology, Geography and Global Energy*. 2019;4(75):9–17 (In Russ.).
10. Cherbyanova L. F., Popkov V. I., Pronyakov V. A. Lithological features and reservoir properties of the Triassic volcanogenic-carbonate complex of Southern Mangyshlak. *Geology of oil and gas*. 1984;11:55–59 (In Russ.).

Информация об авторах

Попков В. И. — доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН;
Попков И. В. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Деметьева И. Е. — старший преподаватель.

Information about the authors

Popkov V. I. — Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Academician of the RAS;
Popkov I. V. — Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor;
Dementieva I. E. — 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 10.04.2023; одобрена после рецензирования 26.04.2023; принята к публикации 11.05.2023.

The article was submitted 10.04.2023; approved after reviewing 26.04.2023; accepted for publication 11.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 46–52.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):46–52 (In Russ.).

Научная статья
УДК 622.276
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_46

КЛАССИФИКАЦИЯ И ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

Сергеев Андрей Олегович¹✉, Бармин Александр Николаевич²
^{1,2} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
¹ sergo777899@mail.ru
² abarmin60@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается классификация и история развития и применения методов увеличения нефтеотдачи. Приводятся ключевые события, повлиявшие на становление различных технологий увеличения нефтеотдачи, а также представлены результаты их применения на различных нефтегазовых объектах в России и за рубежом. На основе проделанного исторического анализа сделаны выводы об актуальности и перспективах данного способа разработки месторождений нефти и газа.

Ключевые слова: нефть, методы увеличения нефтеотдачи, разработка месторождений, геология, нефтегазовое дело

Для цитирования: Сергеев А. О., Бармин А. Н. Классификация и исторические аспекты развития и применения методов увеличения нефтеотдачи // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 46–52. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_46.

CLASSIFICATION AND HISTORICAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ENHANCED OIL RECOVERY METHODS

Andrey O. Sergeev¹✉, Alexander N. Barmin²,
^{1,2} Tatischev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia
¹ sergo777899@mail.ru
² abarmin60@mail.ru

Abstract. In this article examines the classification and history of the development and application of enhanced oil recovery methods. The paper is presented the key events that influenced the formation of various technologies for increasing oil recovery, as well as the results of their application at various oil and gas facilities in Russia and abroad. Based on the historical analysis, conclusions are drawn about the relevance and prospects of this method of developing oil and gas fields.

Keywords: oil, methods of increasing oil recovery, field development, geology, oil and gas business.

For citation: Sergeev A. O., Barmin A. N. Classification and historical aspects of the development and application of enhanced oil recovery methods. *Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):46–52 (In Russ.).* https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_46.

В настоящее время различают множество классификаций методов увеличения нефтеотдачи (МУН). Ниже рассмотрены классические варианты разделений МУН.

В зависимости от закачиваемого вещества МУН подразделяются следующим образом [6]:

1. Гидродинамические методы увеличения нефтеотдачи. К ним относят, как правило, изменение течения фильтрационных потоков (перераспределение линий тока), внедрение в процесс разработки остаточных непродренированных запасов углеводородов, нестационарное, или так называемое циклическое, заводнение, форсированный отбор жидкости, выравнивание фронта нагнетаемых вод, барьерное заводнение, ступенчато-термальное заводнение и др.

2. Физико-химические МУН. Данная разновидность характеризуется вытеснением нефти за счёт физико-химического реагирования при нагнетании водных растворов ПАВ, полимеров, различных пенных комплексов, щелочей, мицеллярных композитов и др.

3. Газовые методы. Они осуществляются путём нагнетания в пласт двуокиси углерода, различных составов углеводородных газов, азота, дымовых газов и др.

4. Тепловые методы. К данному типу относятся такие технологии, как паротепловое воздействие на пласт, внутрислоевого горение, вытеснение нефти горячей водой, пароциклические обработки скважин и др.

5. Волновые методы. Они основаны на вибросейсмическом, электромагнитном или акустическом принципе действия.

6. Микробиологические методы. К ним относится закачка углеводородоокисляющих бактерий, бродильных микроорганизмов и т. д.

7. Комбинированные методы. Они подразумевают применение некоторых методов совместно для получения максимального эффекта.

По виду воздействия на пласт МУН подразделяются на технологии, влияющие на коэффициент вытеснения или коэффициент охвата.

Необходимо отметить, что многие специалисты выделяют также физические методы увеличения нефтеотдачи (гидравлический разрыв пласта, горизонтальные скважины и др.). Однако автор считает, что причислять данные технологии к методам увеличения нефтеотдачи некорректно, т. к. эффективность физических методов реализуется за счёт естественной энергии пласта, и они очень редко увеличивают коэффициент извлечения нефти (временно повышают текущий уровень добычи). История развития и применения методов увеличения нефтеотдачи как в России, так и за рубежом напрямую взаимосвязана с классификацией МУН, т. к. каждый метод развивался по-своему.

Необходимость создания научно-обоснованной системы разработки месторождений нефти и газа появилась в связи с открытием крупных месторождений углеводородов в Волго-Уральском районе в начале 1940-х гг. Академик А. П. Крылов разработал особую систему разработки месторождений, основанную на относительно редкой сетке скважин с применением искусственного заводнения для поддержания пластового давления. Такой принцип стал основой вторичных гидродинамических методов увеличения нефтеотдачи пластов. Развитие данного направления включало в себя два аспекта: использование разнообразных моделей заводнения и сеток скважин. В СССР основной упор для получения дополнительной добычи нефти делали именно на заводнение [1].

В 1942 г. Государственным комитетом обороны было разработано постановление, включающее в себя требование о развитии нефтегазового комплекса (разработка индивидуального технологического режима для работы скважин, применение СКО, торпедирование скважин). В те времена НИИ страны активно изучали увеличение добычи нефти за счёт поддержания пластового давления заводнением. Таким образом, было положено начало вторичным методам увеличения нефтеотдачи.

Гидродинамические методы

Период с 1948 по 1980 г. характеризовался стремительным изучением и применением гидродинамических методов увеличения нефтеотдачи. Также начали применять термометры и дебитометры для контроля над разработкой месторождений. Так, например, в 1948 г. на Туймазинском месторождении впервые полномасштабно были использованы различные методы заводнения. Стоит отметить высокую экономическую рентабельность данных проектов, применение различных технологий заводнения позволяло увеличить коэффициент извлечения нефти в два раза. Такой успех обосновал необходимость использования данных методов на других месторождениях СССР.

Одной из первых технологий гидродинамических методов увеличения нефтеотдачи является нестационарное циклическое заводнение. Впервые предположение об эффективности данной технологии было озвучено в начале 1960-х гг., а промышленное применение приходится на 1964 г. Тогда на Губкинском месторождении данный метод показал отличные результаты, за счёт чего стремительно распространился по другим объектам СССР. В начале 1970-х гг. данную технологию стали применять на нефтяных месторождениях Западной Сибири (Усть-Балыкское, Западно-Сургутское и др.). В настоящее время нестационарное циклическое заводнение активно применяется на нефтяных месторождениях Татарстана, Западной Сибири, Башкортостана.

Развитие нестационарного заводнения также было и за рубежом. Высокую эффективность данная технология гидродинамических МУН показала в США (месторождение Spraberry). В Германии нестационарное заводнение также показало хорошую дополнительную добычу (месторождение Rheinkenhausen).

Дальнейшие экспериментальные исследования показали эффективность технологии нестационарного циклического заводнения практически в независимости от пластовых условий месторождения (единственное условие — это возможность применения стандартного заводнения).

Физико-химические МУН

Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи в разные периоды времени использовались в России, США, КНР, Канаде, Франции, Бразилии, Индии. Кризис в 1986 г., приведший к падению цен на нефть существенно повлиял на развитие и применение данных технологий. Это объясняется высокой стоимостью необходимых химических реагентов.

В последнее время одним из лидеров применения физико-химических методов увеличения нефтеотдачи — полимерного заводнения — является Китай. Например, внедрение технологии полимерного заводнения на месторождениях Daqing и Shengli позволило получить 14 млн т нефти за год (в переводе на КИН — 0,14 %). Крупнейшее месторождение нефти Daqing было открыто в 1959 г. Оно отличается проблемным геологическим строением за счёт высокой степени неоднородности коллекторов. Пластовая нефть относится к нефти средней вязкости, а вода считается низкоминерализованной, температура пласта около 110° С. В период с 1972 по 1987 г. было осуществлено несколько пробных испытаний, которые показали достаточно неудачные результаты (прирост коэффициента извлечения нефти менее чем 5 %). В 1992 г. были проведены дополнительные исследования, а внедрение продолжилось ещё на четырёх пробных объектах вышеуказанного месторождения. В результате КИН увеличился на 12–14 %. Такой успех значительно повлиял на распространение полимерного заводнения. Так, в 1997 г. оно использовалось на всем месторождении. В 2005 г. в разработке было порядка 30 проектов (2 500 нагнетательных и 3 000 добывающих скважин). В настоящее время на месторождении Daqing применяются более современные технологии физико-химических МУН, а именно солестойкие высокомолекулярные полимеры с использованием абсорбированных реагентов. Таким образом, исходя из успешного использования полимерного заводнения в КНР, можно сделать вывод, что данная технология очень эффективна на поздней стадии разработки (прирост КИН до 10 %) [3].

В СССР первые испытания физико-химических методов приходятся на начало 1970-х гг. В то время применение ПАВ было достаточно ограничено, в связи с высокой стоимостью и бедным разнообразием подходящих реагентов. Стоит отметить, что раньше использовали ионогенные ПАВ (нефтяные сульфонаты), применение которых также было ограничено из-за неблагоприятной совместимости минерализованной закачиваемой и пластовой воды. В связи с этим было предложено использовать неионогенные ПАВ (неонолы, окспэтилированные высшие спирты и др.). ПАВ применяются в Татарстане с 1971 г., где они показали достаточно высокую эффективность (47,5 т нефти на 1 т ПАВ) [7].

Значительный вклад в развитие физико-химических методов увеличения нефтеотдачи в России внёс Институт химии нефти СО РАН, который реализует научные эксперименты в течение последних 40 лет. По результатам данных экспериментов были созданы уникальные промышленные технологии для повышения нефтеотдачи. Разработана система применения энергии пласта для генерации нефтесодержащего реагента непосредственно в пластовых условиях. Отдельно стоит упомянуть развитие гель-технологий, положительно влияющих на коэффициент охвата пласта. Они широко используются на месторождениях Западной Сибири.

Газовые МУН

Первое упоминание о возможности закачивания CO₂ для увеличения коэффициента извлечения нефти датируется 1932-м г. в США. Эффективность была доказана экспериментами на кернавом материале нефтесодержащего песчаника.

Лидером по закачке CO₂ в мире является США: порядка 65 % добычи нефти при помощи данной технологии приходится на американские месторождения. Это объясняется легкой доступностью CO₂ для нагнетания в пласт за счёт крупных месторождений углекислого газа.

В России же пилотный промышленный эксперимент по нагнетанию диоксида углерода был произведён на Гуймазинском месторождении в 1967 г. Стоит отметить, что экспериментальный проект включал в себя всего лишь три скважины (1 нагнетательную и 2 добывающие). В результате внедрения данного газового метода увеличения нефтеотдачи, по подсчётам БашНИПИнефть, было добыто порядка 27 тыс. т нефти (6 т на 1 т нагнетаемого газа).

Газовые методы увеличения нефтеотдачи, основанные на закачке азота начали применять с 1970-х гг. Примером успешного использования технологии по нагнетанию N₂ являются месторождения Little Escambia Creek (США) и Santarell (Мексика). Данная технология отличается высокими капитальными издержками, что существенно повлияло на её развитие и применение.

Водогазовое воздействие также показало высокую эффективность. Впервые в качестве метода увеличения нефтеотдачи оно было применено на месторождении North Pembina в Канаде. В России данную технологию реализовывают порядка 50 лет.

Развитие и применение газовых методов увеличения нефтеотдачи напрямую зависит от близости источника закачиваемого агента и самого месторождения. Автор считает, что популярность технологии по закачке CO₂ может существенно возрасти в связи со сложной климатической ситуацией в мире. При рациональной разработке месторождений с применением CO₂ можно значительно уменьшить интенсивность выбросов углекислого газа при добыче нефти.

Тепловые МУН

Тепловые, или термические, методы увеличения нефтеотдачи заслуженно считаются самыми популярными способами получения дополнительной добычи нефти во всём мире, им посвящено огромное число работ. Первые проектные разработки теплового воздействия были предложены А. Б. Шейнманом и К. К. Дубровым в начале 1930-х гг. [4].

Одной из популярных технологий тепловых методов увеличения нефтеотдачи в России является циклическая обработка паром призабойной зоны добывающих скважин. Так, множество таких воздействий (более 50 обработок в год) было проведено на карбонатном коллекторе Усинского месторождения. Нефтяная залежь отличается аномально высокой вязкостью нефти.

Другую перспективную технологию тепловых методов увеличения нефтеотдачи — внутрипластовое горение — начали применять с 1967 г. в СССР (месторождения Павлова Гора и Сходница). Основываясь на результатах использования технологии внутрипластового горения, были сделаны выводы, доказывающие существование и перемещение очага горения в пласте, в зоне которого отмечается окислительно-восстановительная реакция.

Говоря о развитии тепловых методов увеличения нефтеотдачи, необходимо упомянуть их историю применения в Венесуэле, государстве, имеющим крупнейшие запасы тяжёлой нефти. В 1956 г. там начались первые лабораторные исследования, связанные с вытеснением нефти паром. Тогда за счёт промышленных испытаний были получены следующие возможности [5]:

- 1) нагнетание особого радиоактивного состава, позволяющего определить необходимое направление теплового потока;
- 2) переработка газа с высоким содержанием серы, позволяющая существенно снизить уровень загрязнения окружающей среды;
- 3) контроль и регулирование параметров качества пара;
- 4) определение масштаба теплового фронта.

Волновые МУН

Развитие волновых методов увеличения нефтеотдачи приходится на начало 1960-х гг. Изучение волновых воздействий проводилось в институтах РАН, НПО «Союзнефтеотдача, ВНИИнефть».

Идеологом метода высоких мгновенных депрессий был Ф. С. Абдулин, который разработал методику и устройство для создания необходимых давлений. Также он предложил оборудовать скважину пакером для получения нулевого давления в затрубном пространстве и установить перепускной клапан на забое скважины, что позволяло быстро связывать его с околоскважинной зоной. Несколько позже, К. С. Фазлутдинов и Р. Р. Мухаметгалиев разработали устройство и методику, позволяющую осушить затрубное пространство при помощи глубинного насоса. Однако такая технология не нашла практической реализации, т. к. установка пакера существенно усложняла механизированную эксплуатацию месторождений.

По оценкам учёных РГУНГ имени И. М. Губкина, наиболее актуальными методами увеличения нефтеотдачи являются акустические воздействия на призабойную зону скважины. Под руководством специалистов М. Л. Сургучева, О. Л. Кузнецова и Э. Г. Симкина был проведён существенный объём теоретических и практических исследований влияния акустических воздействий на параметры коллектора. Они применили генератор поступательных синусоидальных колебаний (частота 25 кГц) и пришли к выводу, что комплексное воздействие тепла и акустических волн на кольматированный пласт (загрязнённый парафином и глиняными частицами) позволяет восстановить проницаемость до 35–50 % относительно начальной.

Наличия доступа к источнику энергии зачастую имеет ключевое значение при применении методов увеличения нефтеотдачи. Волновые технологии — не исключение, намного проще, если источник волн располагается на поверхности. Так, А. П. Кичигин разработал методику использования импульсно-волнового трансформатора. Устройство монтировалось на устье скважин, волны формировались за счёт попеременного изменения потока жидкости. Однако при промышленном испытании данные технологии не показали высокой эффективности, т. к. к продуктивному горизонту поступало не более 1 % энергии, создаваемой используемыми устройствами на поверхности.

Различные варианты золотниковых вибраторов были спроектированы МИНГ им. Губкина (ГВЗ-108), ТатНИПИнефть (ЗПИГ), Сев-КавНИПИнефть (ВГ-1), ВНИИБТ (УПГ-88). Например, благодаря применению гидроударников золотникового класса ГВЗ-108 продуктивность скважин увеличивалась до 50 %.

Микробиологические МУН

Отечественная история микробиологических методов увеличения нефтеотдачи началась в 1954 г. на Приволжском месторождении нефти. Тогда было проведено первое промышленное применение бактерий на скважинах. Однако эксперимент провалился: вместо увеличения дополнительной добычи нефти из скважины были получены сероводород и меркаптаны. Лишь спустя более 20 лет добывающие предприятия снова начали разрабатывать микробиологические методы увеличения нефтеотдачи.

В середине прошлого столетия в Институте микробиологии РАН изучали микробиологический состав нефтяных месторождений. В ходе многолетних исследований стало понятно, какие штаммы бактерий обитают в пластовой среде и чем возможно контролировать их численность и распространение. В то время актуальность таких исследований была обоснована высокой коррозией железных труб и низким качеством добываемой продукции. Впоследствии, при изучении процесса получения сероводорода при реагировании сульфатредуцирующих микроорганизмов и сульфатов, пришли к варианту с применением бактерий для образования особых веществ, которые помогали вытеснению нефти.

Гипотеза применения микроорганизмов для вытеснения нефти из пласта впервые за рубежом была сформулирована в 1926 г. специалистом J. W. Beckman, а лабораторные испытания микробиологических методов увеличения нефтеотдачи впервые провёл учёный С. Е. ZoBell. Он смог определить составы сульфатовосстанавливающих микроорганизмов из пластовой воды месторождения и обосновал эффективность от обработки нефтенасыщенных пород за счёт бактериального воздействия.

В XXI в. отмечается рост активности по исследованию микробиологических методов увеличения нефтеотдачи. Так, например, в США исследовали возможность извлечения битумов при помощи микроорганизмов, лабораторные исследования подтвердили это, но при определённых условиях (критерии применимости).

В XXI в. высокую эффективность показал микробиологический метод увеличения нефтеотдачи в Южной Калифорнии. Там применили автохтонные бактерии, за счёт чего получили дополнительную добычу в 60 баррелей в сутки по одной скважине.

Микробиологические методы увеличения нефтеотдачи продолжают совершенствоваться по всему миру. Они отличаются лёгкой реализацией, низкими капитальными затратами и безопасностью для окружающей среды.

Таким образом, проанализировав историю развития и применения методов увеличения нефтеотдачи в России и за рубежом, можно сделать следующие выводы:

1. Методы увеличения нефтеотдачи продолжают быть важнейшей частью разработки и эксплуатации месторождений по всему миру, т. к. позволяют извлечь остаточные запасы нефти.
2. Развитие и применение конкретных методов увеличения нефтеотдачи в каждой стране зависит от множества различных факторов (экономическая политика государства и компаний касательно МУН, геофизические условия пластовой системы, наличие требуемых ресурсов для метода воздействия, современные научные исследования по данной тематике).
3. Увеличение научной деятельности по вопросам применимости и эффективности методов увеличения нефтеотдачи.
4. Рост проектов с применением методов увеличения нефтеотдачи.

Список литературы

1. Базив В. Ф. Экспертно-аналитическая оценка эффективности систем разработки нефтяных месторождений с заводнением. Москва: ВНИИОЭНГ, 2007. 369 с.
2. Глебова Л. В., Рамазанов Р. Г., Син К. Перспективы развития крупнейших нефтяных и газовых месторождений Китая // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 4 (71). С. 33–36. EDN YSFGMN.
3. Дейк Л. П. Практический инжиниринг резервуаров. Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2008. 668 с.
4. Ермолина А. В. Гидрогеологические исследования при проектировании и разработке нефтяных и газовых месторождений // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 3 (66). С. 92–97. EDN ZVKXHN.
5. Ермолина А. В., Соловьева А. В. Характеристика факторов, влияющих на нефтеотдачу пласта // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 4 (67). С. 43–48. EDN YTFMMA.

6. Земцов Ю. В., Баранов А. В., Гордеев А. О. Обзор физико-химических МУН, применяемых в Западной Сибири, и эффективности их использования в различных геолого-физических условиях // Нефть. Газ. Новации. 2015. № 7. С. 11–21.
7. Ишков А. А., Мазитов Р. Ф., Хорюшин В. Ю. Применение потокоотклоняющих технологий в условиях низкопроницаемых коллекторов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2020. № 1. С. 59–66.
8. Кудряшова А. И., Штырляева А. А. Статистическое обоснование измерения коэффициента пористости терригенных пород Сибирской платформы методом рентгеновской микротомографии // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 4 (67). С. 63–74. EDN UGZUPO.
9. Маркано Гонсалес А. А., Басниева И. К., Еремин Н. А., Сарданашвили О. Н., Краус З. Т. О термическом повышении нефтеотдачи при добыче высоковязких нефтей и битумов для месторождений Венесуэлы // Актуальные проблемы нефти и газа. 2019. Вып. 1 (24).
10. Назарова Л. Н. Разработка нефтегазовых месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. Москва: РГУ нефти и газа им. П. М. Губкина, 2011. 156 с.
11. Серебряков О. И., Ермолина А. В. Современное состояние и перспективы разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений горизонтальными и наклонными скважинами // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 1 (64). С. 47–50. EDN YLMNKJ.
12. Сергеев А. О. Историческое развитие и современный статус гидрогеологии как комплексной дисциплины и ее взаимодействие с другими науками // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 1 (84). С. 74–78.
13. Сергеев А. О., Бармин А. Н. Оптимизация энергетических затрат при механизированной добыче нефти // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 4 (87). С. 9–14. DOI 10.54398/20776322_2022_4_9. EDN ZYVXXW.
14. Федорова Н. Ф., Быстрова И. В., Заскокина А. В. Процессы миграции и аккумуляции нефти и газа: изучение и представление на современном этапе // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 2 (69). С. 40–47. EDN GEYSAW.

References

1. Baziv V. F. *Expert and analytical evaluation of the effectiveness of oil field development systems with flooding*. Moscow: VNIIOENG, 2007:369 (In Russ.).
2. Glebova L. V., Ramazanov R. G., Sin K. Prospects for the development of the largest oil and gas fields in China. *Geology, Geography and Global Energy*. 2018;4(71):33–36. EDN YSFGMH (In Russ.).
3. Deik L. P. *Practical tank engineering*. Moscow – Izhevsk: Institute of Computer Research; 2008:668 (In Russ.).
4. Ermolina A. V. Hydrogeological studies in the design and development of oil and gas fields. *Geology, Geography and Global Energy*. 2017;3(66):92–97. EDN ZVKXHN (In Russ.).
5. Ermolina A. V., Soloveva A. V. Characteristics of factors affecting oil recovery. *Geology, Geography and Global Energy*. 2017;4(67):43–48. EDN YTFMMA (In Russ.).
6. Zemtsov Yu. V., Baranov A. V., Gordeev A. O. Review of physico-chemical MOONS used in Western Siberia and the effectiveness of their use in various geological and physical conditions. *Oil. Gas. Innovations*. 2015;7:11–21 (In Russ.).
7. Ishkov A. A., Mazitov R. F., Khoryushin V. Yu. Application of flow-bending technologies in conditions of low-permeability reservoirs. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2020;1:59–66 (In Russ.).
8. Kudryashova A. I., Shtyrlyayeva A. A. Statistical substantiation of measuring the porosity coefficient of terrigenous rocks of the Siberian platform by X-ray microtomography. *Geology, Geography and Global Energy*. 2017;4(67):63–74. EDN UGZUPO (In Russ.).
9. Marcano Gonzalez A. A., Basnieva I. K., Eremin N. A., Sardanashvili O. N., Kraus Z. T. On thermal enhancement of oil recovery during the extraction of high-viscosity oils and bitumen for Venezuelan deposits. *Actual problems of oil and gas*. 2019;1(24) (In Russ.).
10. Nazarova L. N. *Development of oil and gas fields with hard-to-recover reserves*. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas; 2011:156 (In Russ.).
11. Serebryakov O. I., Ermolina A. V. The current state and prospects of exploration and development of oil and gas fields by horizontal and horizontal inclined wells. *Geology, Geography and Global Energy*. 2017;1(64): 47–50. EDN YLMNKJ (In Russ.).
12. Sergeev A. O. Historical development and modern status of hydrogeology as a complex discipline and its interaction with other sciences. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;1(84):74–78 (In Russ.).
13. Sergeev A. O., Barmin A. N. Optimization of energy costs in mechanized oil production. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;4(87):9–14. DOI 10.54398/20776322_2022_4_9. EDN ZYVXXW (In Russ.).
14. Fedorova N. F., Bystrova I. V., Zaskokina A. V. Processes of migration and accumulation of oil and gas: study and presentation at the present stage. *Geology, Geography and Global Energy*. 2018;2(69):40–47. EDN GEYSAW (In Russ.).

Информация об авторах

Сергеев А. О. — аспирант;
Бармин А. Н. — доктор географических наук, профессор.

Information about the authors

Sergeev A. O. — postgraduate student;
Varmin 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 06.03.2023; одобрена после рецензирования 27.03.2023; принята к публикации 17.04.2023.

The article was submitted 05.04.2023; approved after reviewing 27.03.2023; accepted for publication 17.04.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 53–62.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):53–62 (In Russ.).

Научная статья
УДК 551.24(574.1)
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_53

ТЕКТОНИКА ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЖЕТЫБАЙ-УЗЕНЬСКОЙ СТУПЕНИ ЮЖНО-МАНГЫШЛАКСКОГО ПРОГИБА

Попков Василий Иванович^{1✉}, Попков Иван Васильевич²
^{1,2} Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
¹ geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2959-4901>
² iv-popkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2386-6611>

Аннотация. С триасовыми отложениями Южно-Мангышлакского прогиба связаны основные открытия скоплений углеводородов. Несмотря на многолетнюю историю исследований, многие вопросы геологического строения этого комплекса остаются недостаточно разработанными. Одним из них является строение антиклинальных структур — главных поисковых объектов на нефть и газ. Вплоть до настоящего времени преобладает точка зрения о решающей роли в их формировании вертикальных тектонических движений. В то же время в последние годы появляется всё больше свидетельств о наличии в триасовом разрезе дислокаций, образовавшихся под воздействием сил бокового сжатия. При изучении морфологии складчатых и разрывных нарушений выполнен комплексный анализ геолого-геофизической информации. Используются материалы сейсморазведки МОГТ с высокой кратностью наблюдений. Применены методы сейсмостратиграфии и структурного анализа. Проведённые исследования свидетельствуют об определяющей роли тангенциального сжатия в формировании структуры триасовых отложений северного борта Южно-Мангышлакского прогиба. Описана морфология конкретных складчато-надвиговых дислокаций, а также послонных срывов. Полученные результаты могут способствовать решению ряда вопросов нефтяной геологии, выбору рациональной методики геологоразведочных работ.

Ключевые слова: антиклиналы, надвиги, тектонические срывы, тангенциальное сжатие

Для цитирования: Попков В. И., Попков И. В. Тектоника триасовых отложений Жетыбай-Узеньской ступени Южно-Мангышлакского прогиба // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 53–62. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_53.

Благодарности: исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-27-00037.

TECTONICS OF THE TRIASSIC DEPOSITS OF THE ZHETYBAI-UZEN STAGE SOUTH MANGYSHLAK TROUGH

Vasily I. Popkov^{1✉}, Ivan V. Popkov²
^{1,2} Kuban State University, Krasnodar, Russia
¹ geoskubsu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2959-4901>
² iv-popkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2386-6611>

Abstract. The main discoveries of hydrocarbon accumulations are associated with the Triassic deposits of the South Mangyshlak trough. Despite the long history of research, many issues of the geological structure of this complex remain insufficiently developed. One of them is the structure of anticline structures — the main search facilities for oil and gas. Until now, the prevailing point of view is about the decisive role of vertical tectonic movements in their formation. At the same time, in recent years there has been more and more evidence of the presence of dislocations in the Triassic section formed under the influence of lateral compression forces. When studying the morphology of folded and discontinuous faults, a comprehensive analysis of geological and geophysical information was performed. The materials of the seismic survey of MOGT with a high frequency of observations were used. Methods of seismostratigraphy and structural analysis are applied. The conducted studies indicate the determining role of tangential compression in the formation of the structure of Triassic sediments of the northern side of the South Mangyshlak trough. The morphology of specific fold-thrust dislocations, as well as layer-by-layer disruptions, is described. The obtained results can contribute to the solution of a number of issues of petroleum geology, the choice of rational methods of geological exploration.

Keywords: anticlines, thrusts, tectonic disruptions, tangential compression

For citation: Popkov V. I., Popkov I. V. Tectonics of the Triassic deposits of the Zhetybai-Uzen stage South Mangyshlak trough. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):53–62 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_53.

Acknowledgments: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation № 23-27-00037.

По мере истощения запасов нефти и газа в верхних горизонтах разреза осадочных бассейнов поисково-разведочные работы смещаются на большие глубины, имеющие, как правило, более сложное геологическое строение. Это в полной мере относится и к Скифско-Туранской платформе, основные перспективы нефтегазоносности которой связаны с триасовыми отложениями. При проведении геологоразведочных работ в её пределах были обнаружены целые области, где общий стиль тектоники доюрских отложений определяют складчато-надвиговые структуры: Каневско-Березанская система дислокаций — на западе Скифской плиты, Бузачинский свод и Восточно-Мангышлакские дислокации — в западной части Туранской плиты [2; 5–7]. Наибольший интерес представляют дислокации в триасовых отложениях Жетыбай-Узеньской тектонической ступени северного борта Южно-Мангышлакского платформенного прогиба, содержащие промышленные скопления нефти и газа. Целью настоящей работы является изучение особенностей морфологии складчато-надвиговых дислокаций.

В пределах Жетыбай-Узеньской тектонической ступени в юрско-меловых отложениях выделяется три крупных дугообразных складчато-надвиговых зоны: Тенге-Тасбулатская (протяженность 70 км), Узень-Карамандыбасская (70 км), Жетыбайская (45 км; рис. 1). Асимметричные локальные поднятия, входящие в их состав, прилегают с севера к надвигам.

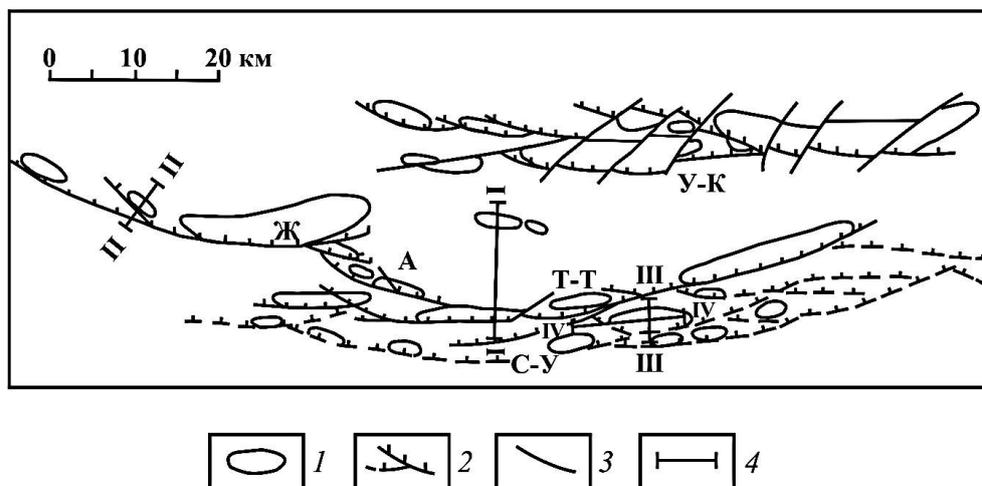


Рисунок 1 — Жетыбай-Узеньская ступень (тектоническая схема подошвы платформенного чехла). Антиклинальные зоны: У-К — Узень-Карамандыбасская; Ж — Жетыбайская; А — Актаская; Т-Т — Тенге-Тасбулатская; С-У — погребённая Саукдук-Ушкуюнская; 1 — локальные поднятия; 2 — надвиги; 3 — прочие разрывы; 4 — линии разрезов, приведённых на рис. 2, 4–6

Платформенные антиклинали пространственно приурочены к фронтальным частям крупных триасовых надвигов. Триасовые отложения, в отличие от юрско-меловых, дислоцированы гораздо интенсивнее. Углы падения слоёв на крыльях складок исчисляются десятками градусов. В ряде случаев в лобовых частях тектонических пластин формируются мощные зоны смятия горных пород, фиксирующиеся на сейсмических разрезах зонами потери корреляции отражений (рис. 2). Как показало изучение кернового материала, углы падения пород на этих участках достигают 50–70°, а иногда и 90°. Более того, внутри самого триасового разреза отмечается дисгармония в складчатости отдельных литокомплексов, предопределённая неоднородностью их пластических свойств [8]. Достоверность большинства замеров не вызывает сомнений, т. к. напластование подчёркивается текстурными и структурными особенностями триасовых отложений, чередованием в разрезе различных литологических разностей осадочных и вулканогенно-осадочных пород, в том числе слоёв, насыщенных макрофауной, залегающих вертикально (например, скв. 10 Тасбулат).

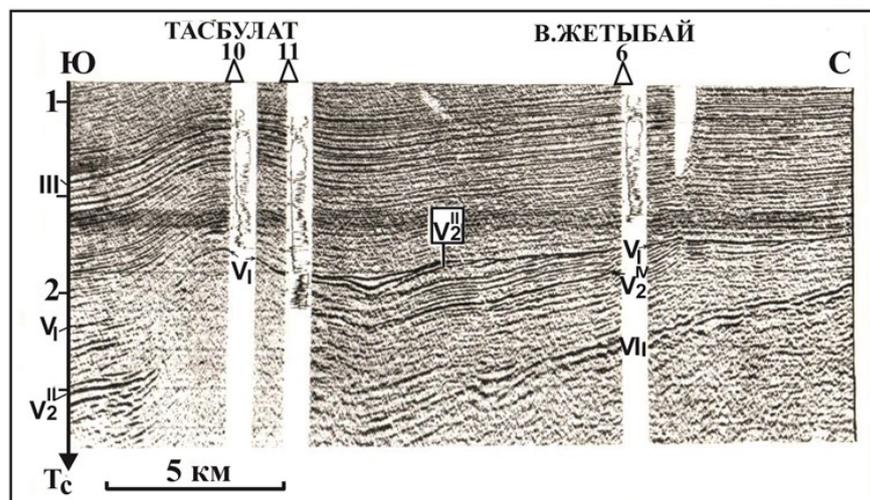


Рисунок 2 — Временной сейсмический разрез по линии Тасбулат – Восточный Жетыбай, иллюстрирующий строение мезозойских отложений Жетыбай-Узеньской ступени. Отражающие горизонты: III — подошва неокома; V₁ — подошва юры; V₂^{II} — кровля карбонатного комплекса среднего триаса; V₂^{IV} — подошва карбонатного комплекса среднего триаса; VI₁ — подошва нижнего триаса

Поперечными и диагональными разрывами тектонические пластины рассечены на отдельные блоки линзовидной формы, которым в перекрывающих отложениях обычно отвечают локальные поднятия или осложняющие их купола. Плоскость этих разрывов близ вертикальна, наряду с вертикальной компонентой смещения отмечается и горизонтальная, т. е. по своей кинематической природе они являются сбросо- и взбросодвижениями.

В головных частях пластин триасовые отложения в предъюрское время подверглись интенсивному размыву. Высокоамплитудные надвиги и взбросы подсечены в ряде случаев скважинами, вскрывшими сдвоенные разрезы триаса (рис. 3). При этом за фронтом надвига наблюдается скачкообразное возрастание стратиграфической полноты триасового разреза. Принадвиговые участки интенсивно дислоцированных пород по латерали в тыловой части сменяются блоками с пологоволнистым или моноклинальным залеганием одновозрастных отложений (см. рис. 2).

В пределах западных окончаний рассматриваемых тектонических пластин интенсивность деформаций триасовых отложений ослабевает, амплитуда и верхний стратиграфический диапазон проникновения надвигов уменьшаются. Примером могут служить Северо-Западно-Жетыбайское и Южно-Жетыбайское поднятия, представляющие собой резко асимметричные антиклинали, своды которых смещаются с глубиной по направлению к ограничивающим их разрывам.

Описанные выше структурные особенности триасовых отложений указывают на то, что в предъюрское время они испытали на себе мощное воздействие сил горизонтального сжатия, приведшего к сокращению занимаемой ими площади и, как следствие, образованию пологих срывов и тектонических пластин. Трансформация горизонтальных движений в вертикальные сопровождалась складчатостью и размывом накопленных ранее отложений в их головных частях.

Если амплитуда вертикальных перемещений по взбросонадвигам устанавливается достаточно надёжно, то строгую количественную оценку горизонтальным смещениям дать невозможно. Однако наличие таких смещений подтверждается данными глубоких скважин, располагающихся на незначительном удалении друг от друга, вскрывших разрезы триаса с различной стратиграфической полнотой, мощностью одновозрастных толщ, а также отличающихся фациально. Показательными в этом отношении являются результаты бурения на Западно-Жетыбайской площади, где происходит сочленение двух тектонических чешуй, входящих в Жетыбайскую пластину (рис. 4).

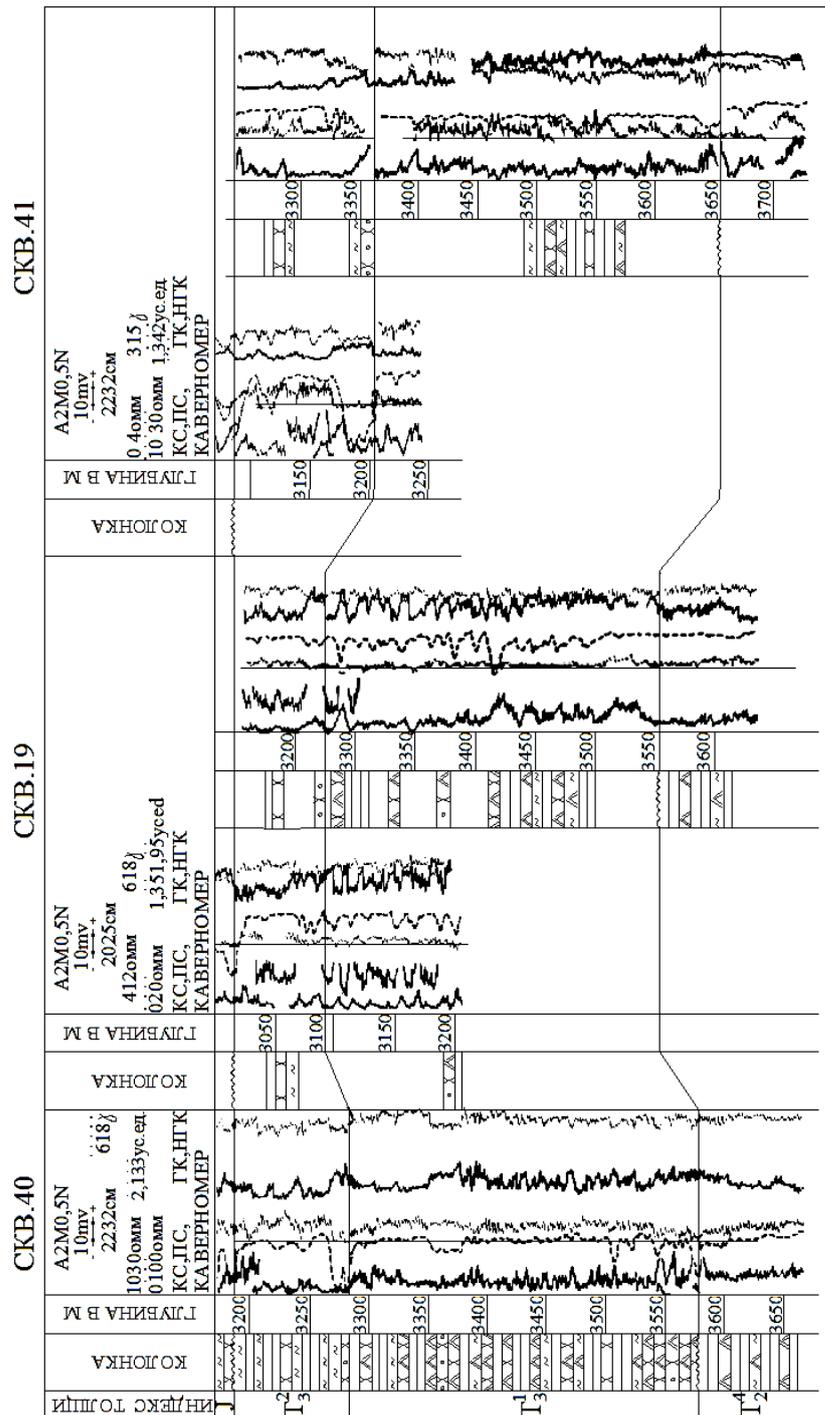


Рисунок 3 — Схема корреляции триасовых разрезов Южного Жетыбая, иллюстрирующая тектоническое «сдвигание» вулканогенно-терригенной толщи в скважинах 19 и 41. Условные обозначения см. на рис. 7

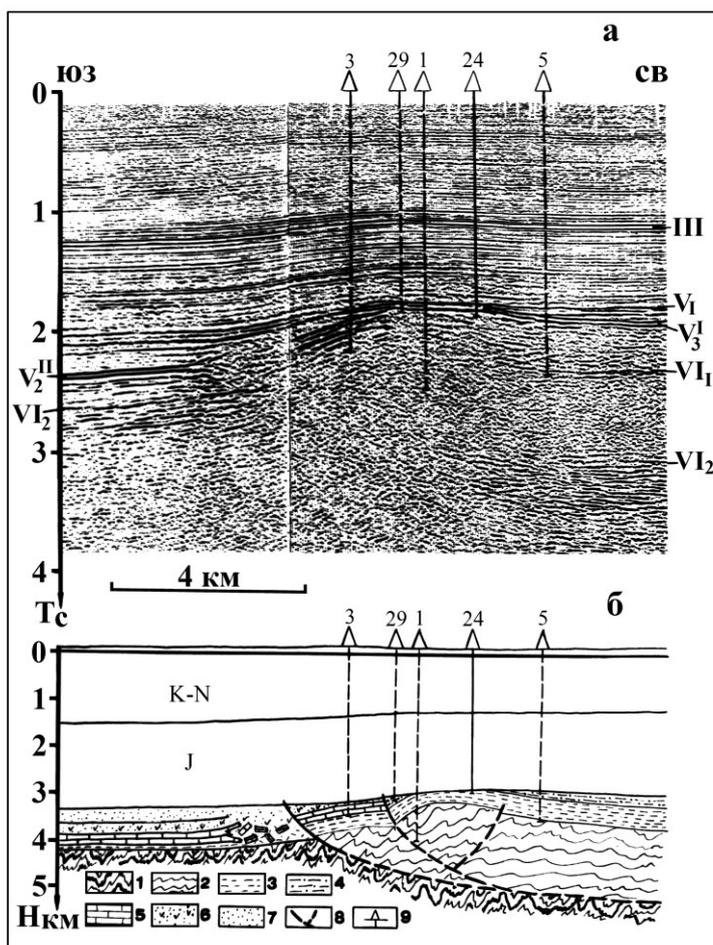


Рисунок 4 — Разрезы через Западно-Жетыбайскую антиклиналь: а — временной сейсмический разрез; б — его геологическая интерпретация (на рис. б соотношение вертикального и горизонтального масштабов 1 : 1). Отражающие горизонты: III — подошва неокома; V₁ — подошва юры; V₂^{II} — кровля карбонатного комплекса среднего триаса; V₃^I — подошвакарбонатного комплекса среднего триаса; V₃^I — в подошве верхнего оленека; VI₁ — подошва нижнего триаса; VI₂ — кровля каменноугольных (?) образований; 1 — метаморфические породы фундамента; 2 — слабо метаморфизованные отложения верхнего палеозоя; 3 — алевролито-аргиллитовая пёстроцветная толща нижнего триаса; 4 — карбонатно-терригенная толща верхнего оленека; 5 — вулканогенно-карбонатная толща среднего триаса; 6 — туфогенно-терригенная толща верхнего триаса; 7 — песчано-аргиллитовая толща верхнего триаса; 8 — разрывы; 9 — скважины

Здесь, в пределах взброшенного северо-восточного блока, в наиболее приподнятой его части (скв. 1, 24, 35 и 69), под трансгрессивно налегающими отложениями нижней юры вскрыта пёстроцветная алевролито-аргиллитовая толща нижнего триаса. В скв. 5 под отложениями юры установлено присутствие в разрезе карбонатно-терригенной толщи верхнего оленека, залегающей на пёстроцветной алевролито-аргиллитовой толще. Отметим, что накопление карбонатно-терригенной толщи происходило в условиях морского бассейна с нормальным солевым режимом, благоприятным для обитания аммоноидей и другой морской фауны [3; 4]. В скв. 29, расположенной в 300 м от взброса, под юрской толщей пройдено 67 м верхнеоленекских отложений (карбонатно-терригенная толща), в которых скважина и была остановлена.

Скважина 3 Западный Жетыбай, расположенная в юго-западном блоке и находящаяся на расстоянии 3,8 и 1,2 км от скв. 5 и 29, соответственно, вскрыла иной тип разреза: в интервале 2 863–2 935 м пройдена туфогенно-терригенная толща верхнего триаса, ниже — вулканогенно-карбонатная толща среднего триаса, а с глубины 3 400 м и до забоя — пёстроцветы нижнего отдела. То есть данной скважиной вскрыт разрез, типичный для Северо-Западно-Жетыбайского блока, где морские сероцветные отложения верхнего оленека отсутствуют повсеместно. Незначительное расстояние между скважинами позволяет предполагать, что вскрытые ими разрезы

триаса принадлежат различным структурно-фациальным зонам и оказались сближенными за счёт горизонтальных перемещений. Аналогичные примеры можно найти при сопоставлении триасовых разрезов площадей Саукудук – Южный Жетыбай, Баканд – Тасбулат и др.

С внешней стороны Жетыбайской пластины в разрезе появляются более молодые отложения верхнего триаса (песчаниково-аргиллитовая толща). Здесь же перед фронтом надвига в верхне- и среднетриасовых частях разреза на временных сейсмических разрезах происходит резкое ухудшение записи вплоть до полной потери информации (см. рис. 4). Не исключено, что данная аномалия фиксирует развитие обломков и глыб в триасовом разрезе, представляющих собой фрагменты тектонической мешанины, сгруженной, как скребком, лобовой частью аллохтона. Аналогичную зону потери корреляции триасовых отражающих горизонтов можно наблюдать на всем протяжении вдоль Тенге-Тасбулатской тектонической пластины.

Таким образом, имеющийся сегодня фактический материал позволяет говорить о том, что в триасовом разрезе Жетыбай-Узеньской ступени главенствующая роль принадлежит серии тектонических чешуй и пластин, во фронтальных частях которых отложения претерпели значительные деформации. Очевидно, что они усложняют крупный тектонический срыв, образовавшийся в предъюрское время в результате закрытия Центрально-Мангышлакского пермско-триасового прогиба [5]. Продвижение на юг аллохтонных масс и передача тангенциальных напряжений в пределы Жазгурлинской депрессии привело к образованию в её северной части Саукудук-Ушкунюнской складчато-надвиговой зоны и узкого линейного Тайбагарского прогиба.

Помимо складчато-надвиговых дислокаций в триасовом разрезе Южного Мангышлака присутствует и другой тип структур, сформированных под воздействием сил бокового сжатия. В триасовых отложениях Саукудук-Ушкунюнской зоны сейсмическими исследованиями закартированы высокоамплитудные поднятия, такие как Западный Саукудук, Саукудук, Баканд, Западный Чукур, Чукур, Патлак, Северный Патлак, Пионерское. В целом зона характеризуется высокой плотностью разрывных нарушений и имеет сложное строение.

Наиболее изученной бурением является Пионерская антиклиналь, где, по данным сейсморазведки и глубокого бурения, доказано наличие пологих послойных тектонически срывов в отложениях триаса. На сейсмических разрезах, расположенных накрест, отчетливо видно тектоническое сдвигание вулканогенно-карбонатного комплекса среднего триаса, с которым связана динамически выраженная группа отражающих горизонтов (рис. 5). Подобная же волновая картина зафиксирована и на продольных сейсмических разрезах (рис. 6). Учитывая, что на временных разрезах вертикальный масштаб относительно горизонтального «растянут» более чем в три раза, можно говорить об очень пологом положении поверхности срыва.

Тектоническое сдвигание среднетриасового разреза на Пионерской площади подтверждается и материалами глубокого бурения. Так, вулканогенно-доломитовая толща среднего триаса дважды пройдена скв. 8 и 10 (рис. 7). Отметим, что скв. 10 находится непосредственно на линии сейсмического профиля, приведённого на рисунке 5.

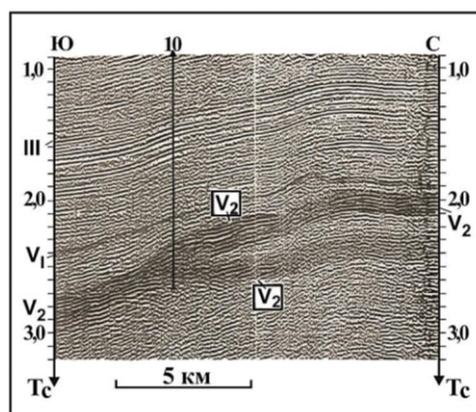


Рисунок 5 — Поперечный временной сейсмический разрез Пионерской площади. Отражающие горизонты: III — подошва неокома; IV₁ — подошва оксфорда, V₂ — внутри среднего триаса

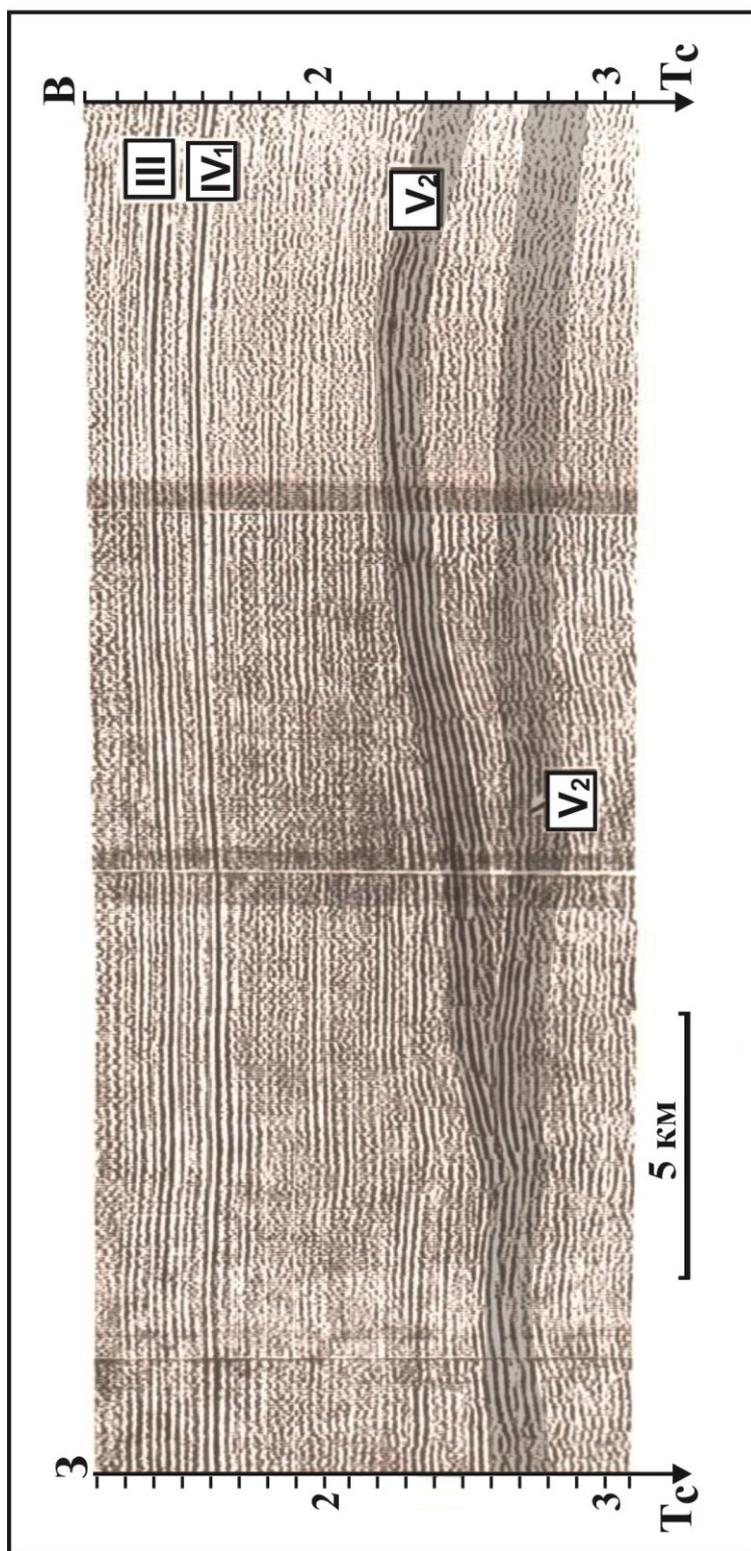


Рисунок 6 — Продольный временной сейсмический разрез Пионерской площади. Условные обозначения — см. на рис. 5

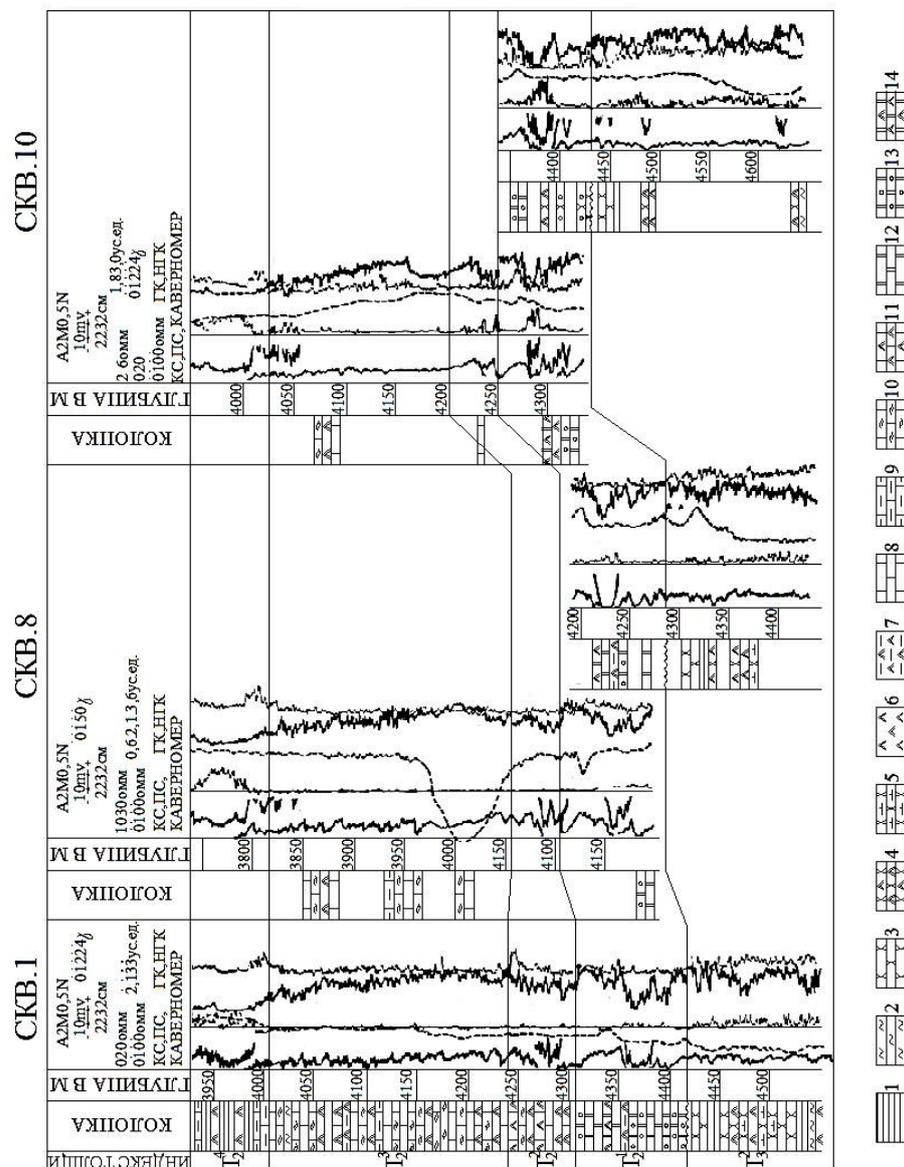


Рисунок 7 — Схема корреляции триасовых разрезов площади Пионерская, иллюстрирующая тектоническое «сдвигание» вулканогенно-доломитовой толщи среднего триаса в скв. 8 и 10: 1 — аргиллиты; 2 — алевролиты, песчаники; 3 — аркозовые и полимиктовые; 4 — туфогенные; 5 — известковистые; 6 — туфы; 7 — туфоаргиллиты, известняки; 8 — мелкозернистые и кристаллические; 9 — глинистые; 10 — органогенно-детритовые; 11 — туфогенные; доломиты; 12 — стуктовые; 13 — оолитово-комковатые и оолитово-обломочные; 14 — туфогенные

Примеры того, как могут выглядеть подобные дислокации, связанные с пологими последними срываами, можно найти в естественных обнажениях складчато-орогенных сооружений (рис. 8).

Примечательно, что на начальном этапе интерпретации сейсмических разрезов Сакудук-Ушкуюнской антиклинальной зоны геофизиками, опиравшихся на своеобразную форму волновой картины, было высказано предположение о наличии на площадях Пионерская и Баканд триасовых рифогенных построек [1], которое, как показано выше, оказалось ошибочным. Кроме

того, в триасовом разрезе отсутствуют рифостроящие организмы, да и сама палеогеографическая обстановка осадконакопления в этот период не способствовала их развитию [3; 5].



Рисунок 8 — Послойный тектонический срыв в флишевых отложениях Северо-Западного Кавказа

Аналогичную природу можно с большой вероятностью можно предполагать и для других структур Сакудук-Ушкунской антиклинальной зоны. На их примере видно, что часть чешуйчато-надвиговых дислокаций, образовавшихся в предъюрское время, развивалась на протяжении очень короткого промежутка геологической истории и в дальнейшем не оказывала влияния на формирование структуры платформенного чехла.

Заключение

Изложенные выше результаты, а также материалы, полученные нами ранее по другим районам Скифско-Туранской платформы [2; 5; 7], позволяют говорить о важной, часто недооценённой роли тангенциального стресса в формировании внутренней структуры её осадочного покрова. Установлено, что деформации бокового сжатия распространены преимущественно в пределах раннекимерийских складчатых зон — Центрально-Мангышлакской (куда входит и Жетыбай-Узеньская ступень) и Центрально-Азовской – Каневско-Березанской системах дислокаций запада Скифской плиты. Вне этих зон важное значение приобретают сдвиги.

В пределах районов развития складчато-надвиговых дислокаций формируются ловушки нефти и газа как антиклинального, так и сложноэкранированного типов [6]. Установление особенностей их строения имеет важное прикладное значение. Полученные результаты могут быть использованы при планировании полевых сейсмических работ, а также при выборе оптимальной методики камеральной обработки полевых материалов.

Список литературы

1. Дмитриев Л. П., Козмодемьянский В. В., Хафизов И. А., Корсун П. Е., Панков В. А. Основные результаты и направления геолого-геофизических работ на одиннадцатую пятилетку по поискам неантиклинальных ловушек на Мангышлаке // Геология нефти и газа. 1982. № 10. С. 27–32.
2. Исмагилов Д. Ф., Попков В. И., Терехов А. А., Шайнуров Р. В. Аллохтонные структуры Азовского моря // Доклады АН СССР. 1991. Т. 321, № 4. С. 792–795.
3. Липатова В. В., Жидовинов С. Н., Старожилова Н. Н. Информативность методов и критерии расчленения триасовых отложений Мангышлака // Советская геология. 1984. № 9. С. 49–55.
4. Попков В. И. Формационные особенности и перспективы нефтегазоносности доюрского осадочного комплекса Арало-Каспийского региона // Формации осадочных бассейнов. Москва: Наука, 1985. С. 252–253.
5. Попков В. И. Тектоника доюрского осадочного комплекса запада Туранской плиты // Геотектоника. 1986. № 4. С. 108–116.
6. Попков В. И. Тангенциальная тектоника и нефтегазоносность Арало-Каспийского региона // Доклады АН СССР. 1990. Т. 313, № 2. С. 420–423.
7. Попков В. И. Складчато-надвиговые дислокации в осадочном чехле Азовского моря // Геотектоника. 2009. № 4. С. 84–93.
8. Попков В. И., Клычников А. В. О дисгармонии в складчатости триасовых отложений Мангышлака // Известия вузов. Геология и разведка. 1985. № 4. С. 116–118.

References

1. Dmitriev L. P., Kozmodemyansky V. V., Hafizov I. A., Korsun P. E., Pankov V. A. The main results and directions of geological and geophysical work for the eleventh five-year plan for the search for non-anticline traps on Mangyshlak. *Geology of oil and gas*. 1982;10:27–32 (In Russ.).
2. Ismagilov D. F., Popkov V. I., Terekhov A. A., Shainurov R. V. Allochthonous structures of the Sea of Azov. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1991;321(4):792–795 (In Russ.).
3. Lipatova V. V., Zhidovinov S. N., Starozhilova N. N. Informativeness of methods and criteria for dismemberment of Triassic deposits of Mangyshlak. *Soviet Geology*. 1984;9:49–55 (In Russ.).
4. Popkov V. I. Formation features and prospects of oil and gas potential of the pre-Jurassic sedimentary complex of the Aral-Caspian region. *Formations of sedimentary basins*. Moscow: Nauka; 1985:252–253 (In Russ.).
5. Popkov V. I. Tectonics of the pre-Jurassic sedimentary complex of the west of the Turan plate. *Geotectonics*. 1986;4:108–116 (In Russ.).
6. Popkov V. I. Tangential tectonics and oil and gas potential of the Aral-Caspian region. *Reports USSR Academy of Sciences*. 1990;313(2):420–423 (In Russ.).
7. Popkov V. I. Folding-thrust dislocations in the sedimentary cover of the Sea of Azov. *Geotectonics*. 2009;4:84–93 (In Russ.).
8. Popkov V. I., Klychnikov A. V. On disharmony in the folding of the Triassic deposits of Mangyshlak. *Izvestiya vuzov. Geology and exploration*. 1985;4:116–118 (In Russ.).

Информация об авторах

Попков В. И. — доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН;
Попков И. В. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент.

Information about the authors

Popkov V. I. — Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor, Academician of the RAS;
Popkov I. V. — Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), 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 10.04.2023; одобрена после рецензирования 26.04.2023; принята к публикации 11.05.2023.

The article was submitted 10.04.2023; approved after reviewing 26.04.2023; accepted for publication 11.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 63–67.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):63–67 (In Russ.).

Научная статья
УДК 553.087
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_63

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИТАНОВЫХ РУД

Константин Михайлович Ушаков
Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия
k.m.ushakov@mail.ru

Аннотация. Приведён минеральный состав продуктивного пласта одного из самых крупных месторождений титана на территории Российской Федерации — Ярегского нефтетитанового месторождения. Рассмотрены производственные параметры титаносного горизонта с разделением по составу и категориям. Указаны в целом по месторождению запасы титановых руд. Представлено разнообразие форм, цвета и текстур поверхности сформированных минералов лейкоксена перспективного участка работ Титановый-1.

Ключевые слова: титан, лейкоксен, Ярегское нефтетитановое месторождение, минеральный состав, Республика Коми

Для цитирования: Ушаков К. М. Минеральный состав продуктивного пласта Ярегского месторождения титановых руд // *Геология, география и глобальная энергия*. 2023. № 2 (89). С. 63–67. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_63.

MINERAL COMPOSITION OF THE PRODUCTIVE FORMATION OF THE YAREG DEPOSIT OF TITANIUM ORES

Konstantin M. Ushakov
Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia
k.m.ushakov@mail.ru

Abstract. The mineral composition of the productive formation of one of the largest titanium deposits in the territory of the Russian Federation - the Yareg oil and titanium deposit is given. The production parameters of the titanium-bearing horizon are considered, divided by composition and categories. The reserves of titanium ores for the deposit as a whole are indicated. A variety of shapes, colors and surface textures of the formed leucoxene minerals of the promising work site "Titanium-1" is presented.

Keywords: titanium, leucoxene, Yareg oil and titanium deposit, mineral composition, Komi Republic

For citation: Ushakov K. M. Mineral composition of the productive formation of the Yareg deposit of titanium ores. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):63–67 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_63.

Одним из перспективных направлений развития горного производства Российской Федерации является добыча и полный цикл переработки титановых руд. Развитие технологий и техники требует всё большее количество титана (представленного различными видами продукции) и, соответственно, титановой руды. Глобальные перспективы, открывающиеся при разработке имеющихся на территории России месторождений титана, перестали быть сведениями узкого круга специалистов, геологов-технологов.

При этом основной объём титановой руды в Российской Федерации сосредоточен на территории Республики Коми. Ярегское нефтетитановое и Пижемское титановое месторождения Республики Коми составляют до 80 % запасов и прогнозных ресурсов титана России. Геологическое строение толщи и минералогические особенности титановых руд Пижемского месторождения близки Ярегскому месторождению Южного Тимана, но, в отличие от последнего, пижемские лейкоксен-кварцевые песчаники не содержат нефти [2; 3]. Так как разработанная технологическая схема переработки титановых руд подразумевает использования нефти как одного из реагентов при обогащении руды, то максимальный интерес вызывает именно Ярегское нефтетитановое месторождение.

Ярегское месторождение административно расположено на территории Республики Коми, к юго-западу от административного центра г. Ухты (по железной дороге — 18 км), географически — на северо-восточном склоне Южного Тимана, в междуречье Ижмы и Ухты. На данный момент месторождение разрабатывается шахтным способом с целью добычи высоковязкой нефти.

Последний раз в целом по месторождению запасы титановых руд утверждались в 1976 г. Протоколом ГКЗ СССР № 7688 утверждены балансовые и забалансовые запасы титановых руд Нижней россыпи, забалансовые запасы титановых руд Верхней и Средней россыпей. В балансовых запасах титановых руд утверждены также запасы суммы оксидов ниобия Nb, тантала Ta и суммы редкоземельных элементов РЗЭ. Государственным балансом по Нижней россыпи Ярегского месторождения запасы учтены по промышленным категориям А + В + С₁ (запасы диоксида титана), С₁ — нефти и редких земель и С₂ — запасы пентаоксидов ниобия и тантала. Количество балансовых запасов Ярегского месторождения, утверждённых ГКЗ СССР по состоянию на 01.01.1975, для сорта с нефтью (по категориям А + В + С₁) составляет 180 076 тыс. т сырой руды и 166 134 тыс. т сухой руды. Запасы TiO₂ составили 19 137,7 тыс. т. Запасы руд и диоксида титана для сорта с нефтью по категории С₂ ГКЗ не утверждались и балансом не учтены. Запасы руд с содержанием нефти менее 5 % учтены на Нижней россыпи месторождения по категории С₂ по состоянию на 01.01.2016 составляют 2 млрд т, диоксида титана — 212 млн т. Запасы нефтетитановых руд и полезных компонентов горизонта III и, в частности, нижней россыпи Ярегского месторождения подсчитаны по кондициям, утверждённым ГКЗ СССР протоколом № 692-к от 21.03.1973.

Количество балансовых запасов Нижней россыпи категории А составляет 8,2 % от общих запасов, категории В — 22,7 % и категории С₁ — 69,1 %. Участок Титановый-1 входит в геологические блоки № 3 и 2, отнесённые к категории В.

Объектом подземной разработки, в соответствии с кондициями, являются балансовые руды промышленных категорий запасов (А, В и С) основной Нижней россыпи. В пределах Нижней россыпи выделено два сорта руд: с нефтью (более 5 %) — нефтенасыщенные и без нефти (менее 5 % нефти) — водоносные руды. Участок Титановый-1 приурочен к нефтенасыщенным рудам (более 5 %). Среднее содержание TiO₂ по скважинам составляет 10,16 %.

Нижняя россыпь, в пределах которой расположен перспективный участок Титановый-1, разведана на площади более 115 км². Длина разведанного контура, вытянутого с северо-запада на юго-восток, достигает 19,5 км, а максимальная ширина в средней части более 9 км. Балансовые запасы руды выделены на площади 93 км².

При строительстве горных выработок неоднократно зафиксировано сложное строение участка, разбитого множеством тектонических нарушений на блоки с различной амплитудой смещения. Поэтому строение участка рудного пласта по содержанию TiO₂ неравномерно и при добычных работах будет требовать постоянного геологического сопровождения с проведением экспресс-анализов с дальнейшей обработкой поступившей информации. Но дополнительные геологоразведочные работы, проведённые в 2017 г. и направленные на более детальное изучение продуктивного пласта, дали новую геологическую информацию, в том числе качественную оценку содержания диоксида титана в рудной залежи: в основной части блока присутствует руда с содержанием TiO₂ от 9 до 15 %.

В составе рудного тела продуктивного Ярегского месторождения установлено более 40 минералов, относящихся к различным системным классам. В таблице представлены минералы, содержащиеся в продуктивном пласте Ярегского месторождения.

Таблица — Минеральный состав продуктивного пласта Ярегского месторождения

Минерал входящий в состав продуктивного пласта	Аллолитогенные	Аутогенные
Золото	А	
Платина	А	
Галенит		А
Халькопирит		А
Сфалерит		А
Пирит		В
Марказит		А
Флюорит	А	
Корунд	А	
Гематит	А	
Ильменит	В	
Магнетит	А	

Продолжение табл.

Минерал входящий в состав продуктивного пласта	Аллоитогенные	Аутогенные
Шпинель	А	
Хромит	А	
Рутил	В	С
Анаказ		С
Брукит		В
Касситерит	А	
Кварц		В
Сидерит		С
Доломит		В
Кальцит		В
Малахит		А
Азуриг		А
Барит		А
Монацит	А	
Ксенотим	А	
Апатит	А	
Циркон	В	
Дистен	А	
Андалузит	А	
Ставролит	В	
Силлиманит	А	
Гранаты	А	
Сфен	В	
Эпидот	А	
Турмалин	В	А
Пироксены	А	
Амфиболы	А	
Слюды	С	В
Хлориты	С	В
Полевые шпаты	А	
<i>Примечание:</i> А — редкие включения; В — единичные, постоянно присутствующие включения; С — содержатся в породе в целых процентах.		

Лейкоксен — главный рудный минерал месторождения. Изучение его продолжается и сейчас, по мере накопления новых данных и свойств этого своеобразного образования, не имеющего аналогов в известных промышленных титановых месторождениях. Главной особенностью его является рутил-анатазовый состав и высокое (более 30 %) содержание кремнезёма при небольшом среднем содержании железа.

Главным породообразующим минералом руд является кварц. Количество его изменяется от 65 до 80 % и более.

Лейкоксен не является индивидуализированным минеральным видом. Это агрегат переменного состава из тонкодисперсных, взаимнопрорастающих титановых и породообразующих минералов. Под термином «лейкоксен» на Ярегском месторождении подразумеваются тонкозернистые полиминеральные агрегаты, состоящие в основном из титановых минералов (рутила и анатаза) и кварца. Они имеют свою определённую форму и размеры и в процессе обогащения ведут себя как вполне определённое минеральное образование. В качестве примесей в них обычно присутствуют серицит, глинистые минералы, иногда в них отмечаются включения полевых шпатов, пирита, брукита и других минералов.

Форма выделений лейкоксена разнообразна: преобладают плоские, овальные в плане зёрна с двумя чёткими параллельными плоскостями и сглаженными, оббитыми краями («лепешки»), изометричные, неправильные зёрна; изредка наблюдаются зёрна, сохранившие октаэдрическую форму.

Количественные соотношения между основными компонентами непостоянны и колеблются в широких пределах, соответственно меняется плотность лейкоксеновых агрегатов (от 2,8 до 3,6 г/см³) и содержание TiO₂ (от 66 до 81—83%); SiO₂ (от 26,5 до 9,2 %); Al₂O₃ (от 4,1 до 2,9 %). Преобладающие размеры зёрен лейкоксена находятся в пределах от 0,063 до 0,500 мм, размеры составляющих лейкоксен зёрен рутила — 0,003–0,010 мм, кварца — 0,001–0,02 мм.

Разновидности по цвету:

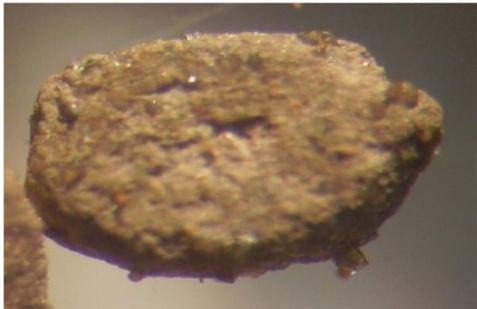


а) кремновые зёрна лейкоксена
(немагнитная фракция +0,25)



б) серые зёрна лейкоксена
(немагнитная фракция +0,25)

Разновидности по поверхности:



в) зерно с ямчатой пористой поверхностью
(немагнитная фракция +0,25)



г) зерно с гладкой, блестящей поверхностью
(немагнитная фракция +0,25)

Разновидности по форме зёрен:

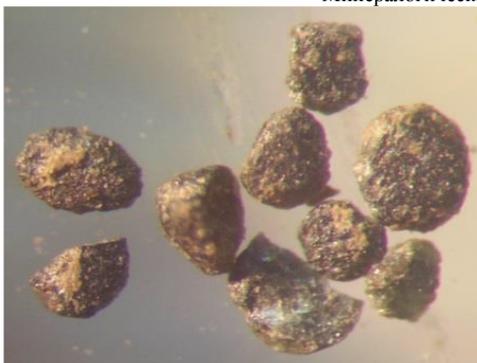


д) лепешковидные зёрна
(немагнитная фракция +0,25)



е) обломочные зёрна
(немагнитная фракция +0,25)

Минералогические разновидности:



ж) лейкоксенизированный ильменит
(электромагнитная фракция +0,25)



з) анатазовый лейкоксен
(ув. $\times 56$, немагнитная фракция +0,25)

Рисунок — Разновидности зёрен лейкоксена (ув. $\times 28$)

В ходе исследования установлено отсутствие самостоятельных проявлений минеральных компонентов ниобия, тантала и редкоземельных минералов: минеральные формы этих металлов входят в состав титановых минералов, образующих вместе с кварцем природный минеральный объект — лейкоксен.

Таким образом, лейкоксен Ярегского месторождения представляет собой полиминеральный кристаллический агрегат, а Ярегская титановая руда относится к многокомпонентным комплексным рудам.

Список литературы

1. Игнатьев В. Д., Бурцев И. Н. Лейкоксен Тимана: минералогия и проблемы технологии. Санкт-Петербург: Наука, 1997. 213 с.
2. Makeev A. B., Dudar V. A. Минералогия алмазов тимана. Санкт-Петербург: Наука, 2001. 336 с.
3. Makeev A. B., Dudar V. A., Самарова Г. С., Быховский Л. З., Тигунов Л. П. Пижемское титановое месторождение (Средний Тиман): аспекты геологического строения и освоения // Рудник будущего. 2012. № 1 (9). С. 16–24.
4. Плякин А. М. Россыпи Тимана. История изучения. месторождения. Аннотированная хронобиблиография. 2-е изд., перераб. и доп. Ухта: Ухтинский гос. техн. ун-т, 2014. 168 с.
5. Федорова М. Н. Химическая доводка титанового концентрата путём автоклавного выщелачивания кремневой кислоты // Титан и его сплавы. Москва: АН СССР, 1963. Вып. 9. С. 36–41.

References

1. Ignatiev V. D., Burtsev I. N. Leucosene of Timan: mineralogy and problems of technology. St. Petersburg: Nauka; 1997:213 (In Russ.).
2. Makeev A. B., Dudar V. A. Mineralogy of timan diamonds. St. Petersburg: Nauka; 2001:336 (In Russ.).
3. Makeev A. B., Dudar V. A., Samarova G. S., Bykhovsky L. Z., Tigonov L. P. Pyzhemskoye titanium deposit (Sredny Timan): aspects of geological structure and development. *Mine of the Future*. 2012;1(9):16–24 (In Russ.).
4. Plyakin A. M. Placers of Timan. History of study. deposits. annotated chronobibliography. 2nd ed., reprint and additional. Ukhta: Ukhta State Technical University; 2014:168 (In Russ.).
5. Fedorova M. N. Chemical refinement of titanium concentrate by autoclave leaching of silicic acid. *Titanium and its alloys*. Moscow: USSR Academy of Sciences; 1963;9:36–41 (In Russ.).

Информация об авторе

Ушаков К. М. — аспирант.

Information about the author

Ushakov K. M. — postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 14.05.2023; принята к публикации 24.05.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 14.05.2023; accepted for publication 24.05.2023.

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

*Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 68–78.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):68–78 (In Russ.).*

Научная статья
УДК 551.583.13:579.4
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_68

**ПАРАМЕТРЫ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА
В АСПЕКТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Агоева Элеонора Анатольевна¹✉, Бозиева Жанна Чачиевна², Иттиев Абдуллах Биякаевич³
^{1,2} Кабардино-Балкарский высокогорный государственный природный заповедник,
Кашхатау, Кабардино-Балкария, Россия
³ Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова,
Нальчик, Кабардино-Балкария, Россия
¹ eleonora_agoeva@mail.ru ✉
² zhanna_bozieva@mail.ru
³ abdullakh.ittiev@mail.ru

Аннотация. Во второй половине XX в. человечество преодолело рубеж, когда воздействие на окружающую среду стало соизмеримо с влиянием естественных природных явлений. Например, на состоянии глобальной биосферы отразились разрушение стратосферного озона из-за эмиссии фреонов в атмосферу. Сознание реального положения дел привело политиков к созданию Киотского протокола, но, как стало известно, даже исполнение всех норм и требований протокола не сможет сократить количество парниковых газов и затормозить глобальное потепление климата. Но у нас есть ещё надежда, т. к. климатическая система в целом устойчива и до определённого момента, она всё-таки способна к самовосстановлению. В данной статье представлены данные по приземной температуре воздуха в Верхне-Балкарском ущелье на высоте 1 049 м н. у. м., а также данные по расходам воды на р. Терек (ст. Котляревская) за 2010–2021 гг. Целью исследований стало выявление пространственно-временных изменений температуры приземного слоя атмосферы в Верхне-Балкарском ущелье и расходов воды на р. Терек. Исследования особенно актуальны с точки зрения влияния изменения климата на гидрометеорологические параметры высокогорных и равнинных областей Кавказа. Проведённые исследования выявили положительный температурный тренд во все сезоны года. Среднегодовые значения расходов воды показали корреляцию с температурой приземного слоя воздуха. Также ранжирование по среднемесячной температуре выявило наиболее тёплые и холодные года. Обнаруженные изменения среднегодовой температуры приземного слоя воздуха в Верхне-Балкарском ущелье и расходов воды на р. Терек подтверждают наличие потепления климата.

Ключевые слова: глобальное потепление климата, Верхне-Балкарское ущелье, р. Терек, р. Черкес-Балкарский, приземная температура воздуха, расход воды

Для цитирования: Агоева Э. А., Бозиева Ж. Ч., Иттиев А. Б. Параметры объектов окружающей среды Кавказского региона в аспекте глобальных климатических изменений // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 68–78. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_68.

**PARAMETERS OF ENVIRONMENTAL OBJECTS
IN THE CAUCASUS REGION IN TERMS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE**

Eleonora A. Agoeva¹✉, Zhanna Ch. Bozieva², Abdullah B. Ittiev³
^{1,2} Kabardino-Balkarian Highland State Nature Reserve, Kashkhatau, Kabardino-Balkaria, Russia
³ Kabardino-Balkarian State Agrarian University V. M. Kokova, Nalchik, Kabardino-Balkaria,
Russia
¹ eleonora_agoeva@mail.ru ✉
² zhanna_bozieva@mail.ru
³ abdullakh.ittiev@mail.ru

Abstract. In the second half of the 20th century, mankind overcame the threshold when the impact on the environment became commensurate with the influence of natural phenomena. For example, the state of the global biosphere was affected by the destruction of stratospheric ozone due to the emission of freons into the atmosphere. Consciousness of the real state of affairs led politicians to create the Kyoto Protocol, but as it became known, even the implementation of all the norms and requirements of the protocol will not be able to reduce the amount of greenhouse gases and slow down global climate warming. But we still have hope, since the climate system as a whole is stable and up to a certain point it is still capable of self-healing. This article presents data on surface air temperature in the Upper Balkar Gorge at an altitude of 1 049 m above sea level, as well as data on water discharges on the Terek River (village Kotlyarevskaya) for the period from 2010 to 2021. The purpose of the research was to identify spatio-temporal changes in the temperature of the surface layer of the atmosphere in the Upper Balkar Gorge and water flow in the Terek River. The studies are especially relevant from the point of view of the impact of climate change on the hydrometeorological parameters of the high-mountainous and lowland regions of the Caucasus. The conducted studies revealed a positive temperature trend in all seasons of the year. The average annual values of water discharges showed a correlation with the temperature of the surface air layer. Also, ranking by average monthly temperature revealed the warmest and coldest years. The detected changes in the average annual temperature of the surface air layer in the Upper Balkar Gorge and the water flow in the Terek River confirm the presence of climate warming.

Keywords: climate warming, Upper Balkar Gorge, Terek River, Chere-Balkarsky River, surface air temperature, water flow

For citation: Agoeva E. A., Bozieva Zh. Ch., Itiev A. B. Parameters of environmental objects in the Caucasus region in terms of global climate change. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):68–78 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_68.

Введение

Проблема изменений глобального гидрологического цикла обращает на себя внимание учёных многих стран. И это объяснимо, т. к. данные наблюдений за элементами гидрологического цикла свидетельствуют о происходящих в последние десятилетия изменениях глобальной приземной температуры воздуха, температуры поверхности Мирового океана и его уровня; причём все эти изменения имеют тенденцию роста, интенсивность увеличения которого ожидается и в перспективе.

Для понимания сути всего происходящего на планете в помощь приходят физико-математическое моделирование, используемое для разработки и обоснования стратегий адаптации к ожидаемым изменениям климата на планете.

Так, группа МГЭИК смоделировала в своём обзоре повышения среднегодовой и среднеглобальной температуры за период с 2005–2025 гг. на планете на 0,4 °С. В целом изменение климатических характеристик увеличивается и об этом свидетельствует статистика за климатформирующими факторами [9–10].

Одной из опасных сторон будущего потепления климата на планете связано с оттаиванием областей вечной мерзлоты, к которым, в частности, относятся ледники Главного Кавказского хребта.

На фоне глобального потепления климата региональные изменения его в России будут далеко неодинаковыми, а их влияние на отдельные виды хозяйственной деятельности могут быть как положительными, так и пагубными. И в связи с этим главной практической задачей является прогноз этих изменений на перспективу и оценка последствий для окружающей среды, приоритетность жизнеобеспечения населения и развития экономики с тем, чтобы своевременно разработать комплекс мероприятий по адаптации и предотвращению возможных негативных явлений [2].

Целью данной исследовательской работы является пространственно-временное исследование температуры приземного слоя атмосферы высокогорной области западной части северного склона Центрального Кавказа и гидрологии. В частности представлены среднегодовые данные расходов воды на равнинных областях Северного Кавказа.

Объекты, материалы и методы исследований

В данной статье представлены мониторинговые данные по приземной температуре воздуха в Верхне-Балкарском ущелье за 2010–2021 г., а также данные по расходам воды на р. Терек (станция Котляревская) за указанный выше период. Данные наблюдений по расходам воды были взяты из отчётов ФГУ «Каббалководресурсы» и отдела водных ресурсов Западно-Каспийское бассейновое водное управление по КБР. Результаты исследований представлены в виде гистограмм и таблицы.

Данные по температуре приземного слоя воздуха получены на метеопункте, находящемся в Верхне-Балкарском ущелье, — с. Верхняя-Балкария, на высоте 1 049 м н. у. м.

Гидрологический пункт на р. Терек расположен в ст. Котляревской. Дата его открытия — 1902 г., высота — 212,82 м н. у. м., 43°58' с. ш. и 44°08' в. д., площадь водосбора р. Терек составляет 8 920 м², расстояние: от истока — 86 км, устья — 437 км.

Терек — типично горная река, образующаяся от таяния зимних запасов снега и ледников. Водные ресурсы бассейна р. Терек играют ключевую роль в экономике Кабардино-Балкарской Республики.

Основным водопользователем р. Терек является сельское хозяйство, которое потребляет до 70 % воды от общего водозабора. Крупными потребителями являются также рыбное, жилищно-коммунальное хозяйство и гидроэнергетика. По степени хозяйственного и экологического воздействия данный регион, имеющий большое промышленно-хозяйственное, лечебно-оздоровительное и рекреационное значение, относится к числу наиболее напряжённых.

Территория бассейна р. Терек подвержена водной и ветровой эрозии. Интенсивность водной эрозии контролируется интенсивностью летне-весенних ливневых осадков; крутизной, формой, длиной и экспозицией склонов; физическими свойствами почв; литологией почвообразующих пород [7; 9].

В расчётах данных по температуре приземного слоя воздуха в Верхне-Балкарском ущелье и расходов воды на р. Терек за основу были взяты следующие значения, обозначенные на гистограммах аббревиатурами:

1. СВЗ — среднее весеннее значение (за три месяца весеннего сезона за период с 2010 по 2021 г.);
2. СЛЗ — среднее летнее значение (за три месяца летнего сезона за период с 2010 по 2021 г.);
3. СОЗ — среднее осеннее значение (за три месяца осеннего сезона за период с 2010 по 2021 г.);
4. СЗЗ — среднее зимнее значение (за три месяца зимнего сезона за период с 2010 по 2021 г.);
5. СГЗ — среднее годовое значение (за весь период исследования — с 2010 по 2021 г.);
6. ССЗ — среднее сезонное значение (за три месяца каждого сезона одного года);
7. Среднее значение за месяц.

Обнаруженные изменения среднегодовой температуры приземного слоя воздуха в Верхне-Балкарском ущелье подтверждают наличие изменения климата в сторону потепления. Ранжирование по среднемесячной температуре выявило наиболее тёплые и холодные года.

Ранее нами были уже проведены исследования по изменению приземной температуры воздуха и уровня осадков в Верхне-Балкарском ущелье [4–6]. По имеющимся данным метеорологических и гидрологических наблюдений, в последнее десятилетие отмечается повышение температуры воздуха и увеличение количества атмосферных осадков с различными трендами.

Научная новизна

Данные исследования ранее не публиковались и представляют собой научный интерес с точки зрения изменения гидрометеорологических параметров внутри календарного года, т. е. посезонно.

Практическая ценность и актуальность

Проведённые нами исследования засостоянием климатических параметров Кавказского региона и их изменением в пространственно-временном аспекте послужат информационной основой для выработки, реализации и в дальнейшем оценки результативности государственной климатической политики в отношении изменения климата, позволяющие в дальнейшем создать физико-математические модели климата и направлять развития Государственной наблюдательной сети, её собственной адаптации к ожидаемым изменениям климата и определить важнейшие потребности в упреждающей адаптации к возможным в будущем изменениям климата.

Также изучение гидрологических параметров позволит выявить взаимосвязи между изменением метеопараметров и выявление на ранних этапах опасных гидрометеорологических рисков.

Как показали данные Росгидромета за 2008–2021 гг., динамика количества опасных гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические), нанёсшие значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения, повысилась с 1 090 до 1 205 случаев [8].

Также проведённые исследования указывают на необходимость в расширении гидрологических сетей наблюдений в высокогорных ледниковых областях РФ и, в частности, Северного Кавказа для мониторинга состояния многолетней мерзлоты в связи со снижением общей её массы связанное с потеплением климата на планете и, как следствие, снижение такого стратегически важного ресурса на планете, как пресная вода.

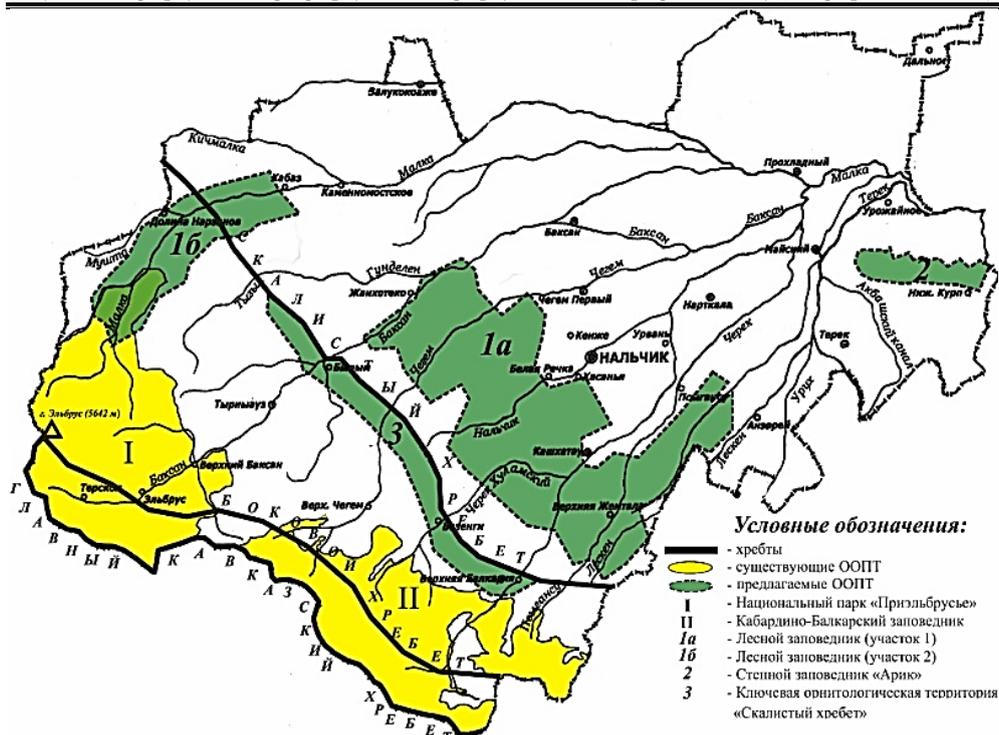


Рисунок 1 — Карта-схема водосборной сети р. Терек [1]

Результаты и их обсуждение

Северный Кавказ сравнительно богат водными ресурсами. Речная сеть принадлежит к бассейнам Азовского и Каспийского морей. Здесь протекают реки Кубань, Кума, Терек, Сулак, Самур и ряд мелких рек Дагестана (рис. 1).

Наибольшей как по длине, так и по площади водосбора является р. Кубань, второй же по площади водосбора является р. Терек. Истоками р. Терек является заснеженный и заледенелый северный склон Большого Кавказа. В связи с этим ледниковое питание наиболее значительно в бассейне р. Терек, где оно в среднем для всего бассейна составляет 11,3 %.

Доля источников питания рек Кавказа определяется особенностями климата, геологическим строением, высотой бассейна и т. д. Кроме колебаний речного стока по годам, отмечаются и его изменения, связанные с антропогенной деятельностью и климатическими условиями.

В последние десятилетия отмечается изменение климата. Происходящее глобальное повышение температуры воздуха приводит к изменению количества и режиму атмосферных осадков, снежного покрова, испарению с суши и водоёмов и, соответственно, к изменению водного баланса бассейнов рек и общего стока, особенно к перераспределению его в течение года [2–6].

Одновременно происходит и перераспределение гидрометеорологических параметров Северо-Кавказского региона, что мы и наблюдаем на рисунках 2–3. Как видно, за исследуемый период наблюдается положительная линия тренда по температуре приземного слоя воздуха в Верхне-Балкарском ущелье, а расход воды на р. Терек имеет отрицательную линию тренда.

Как показано на рисунке 3 и в таблице, положительная корреляция за 12 лет исследований наблюдается между температурой приземного воздуха и расходом воды в процентах от средне-многолетнего в следующие года: 2010, 2012–2013, 2015, 2017–2018 и 2021, т. е. составляет 58 % от общего количества годов. Причём уменьшение среднегодового объёма расходов воды, также в процентах от средне-многолетнего, наблюдается в следующих годах: 2012–2013, 2015, 2017, 2019–2020.

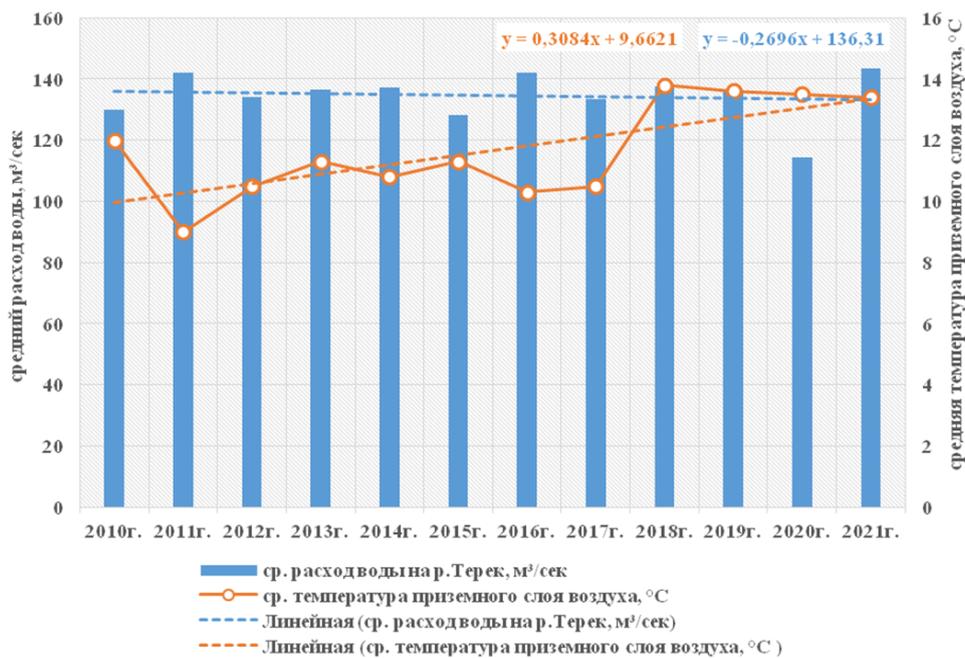


Рисунок 2 — Изменение среднегодовых значений температуры приземного воздуха в Верхней-Балкарии и расходов воды на р. Терек (ст. Котляревская)

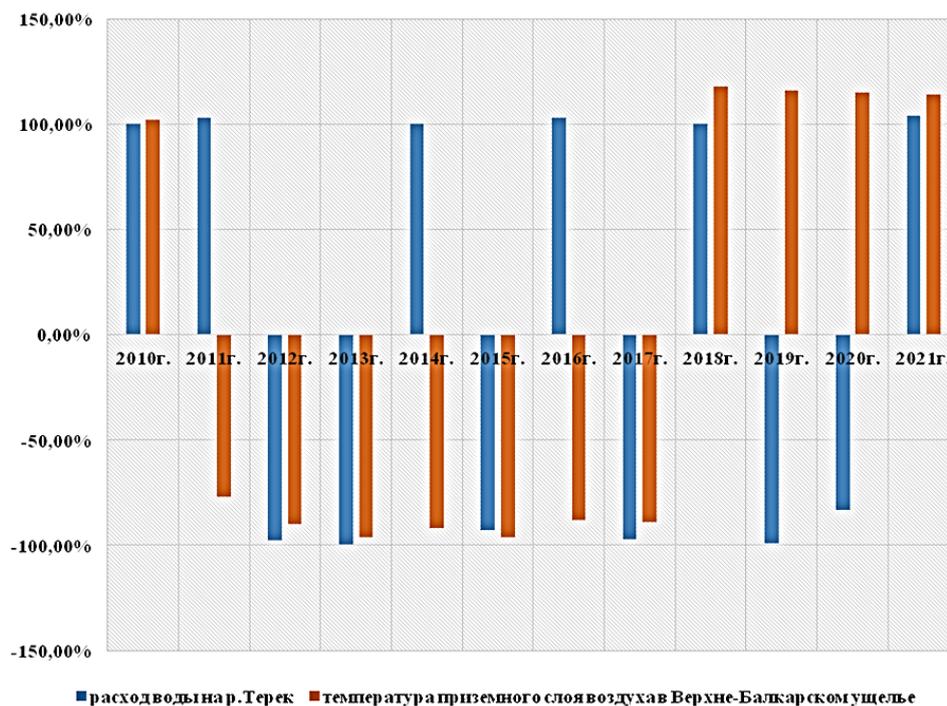


Рисунок 3 — Изменение температуры приземного слоя воздуха в Верхне-Балкарии и расходов воды на р. Терек (% от среднееголетнего)

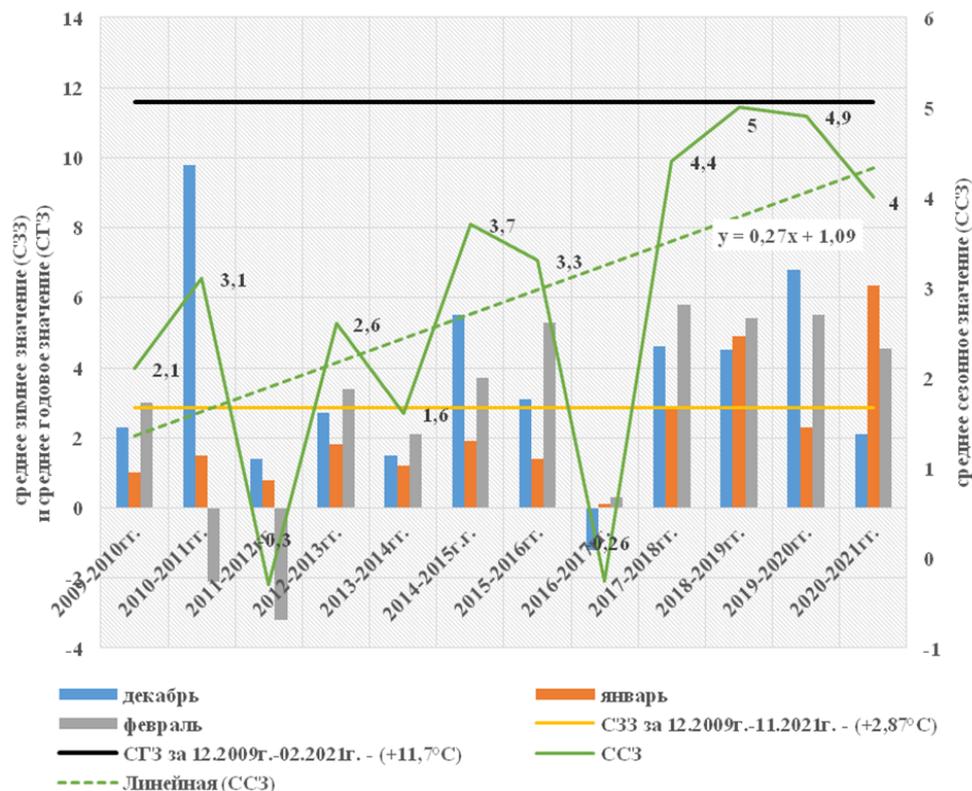


Рисунок 4 — Температура приземного слоя воздуха зимой

Среднее зимнее значение (СЗЗ) температур приземного слоя атмосферы за период с декабря 2009 по ноябрь 2021 г. составляет плюс 2,87 °С, а среднее годовое значение (СГЗ) — плюс 11,7 °С. Как видно, среднее годовое значение температур приземного слоя воздуха в зимний период в 4,1 раза выше средних месячных значений для данного периода года (рис. 4).

Превышений средних годовых значений температур в зимний период выявлено не было, чего не скажешь о превышениях средних зимних значений температур. Так, максимальные средние месячные значения температур определены в следующих месяцах и годах: *декабрь* — 2010, 2014–2015, 2017–2019 гг.; *январь* — 2018–2021 гг., *февраль* — 2010, 2013, 2015–2016, 2018–2021 гг.; минимальные: *февраль* – 2011 (минус 2,1 °С) и 2012 г. (минус 3,2 °С), *декабрь* — 2016 г. (минус 1,2 °С).

Согласно средним сезонным значениям (ССЗ), температура приземного слоя атмосферы в зимний период повышается от плюс 2,1 °С (2009–2010 гг.) до плюс 5,0 °С (2018–2019 гг.), т. е. температура приземного слоя атмосферы начала исследуемого периода больше температуры конца примерно в 2,4 раза, на что также указывает положительный тренд на графике.

Также на гистограмме зимнего периода наблюдается положительный тренд для следующих значений, уравнения которых выглядят следующим образом:

- средние сезонные:

$$y = 0,27x + 1,09;$$

- средние месячные:
январь —

$$y = 0,3372x + 0,0129,$$

февраль —

$$y = 0,5379x - 0,6841.$$

Отрицательный тренд отмечен в декабре месяце исследуемого периода, и уравнение регрессии, которого выглядит следующим образом:

$$y = -0,0297x + 3,7848.$$

СВЗ температур приземного слоя атмосферы (рис. 5) составляет плюс 11,2 °С, а среднегодовое значение — плюс 11,7 °С.

Как видно, СГЗ температуры приземного слоя воздуха находятся почти на одном уровне со СВЗ.

Как показано на рисунке 5, превышения средних весенних значений и средних годовых значений температур приземного слоя атмосферы наблюдается в следующих месяцах и годах: *апрель* — 2012, 2016, 2018, 2020 и 2021 гг.; *май* — 2010–2021 гг.

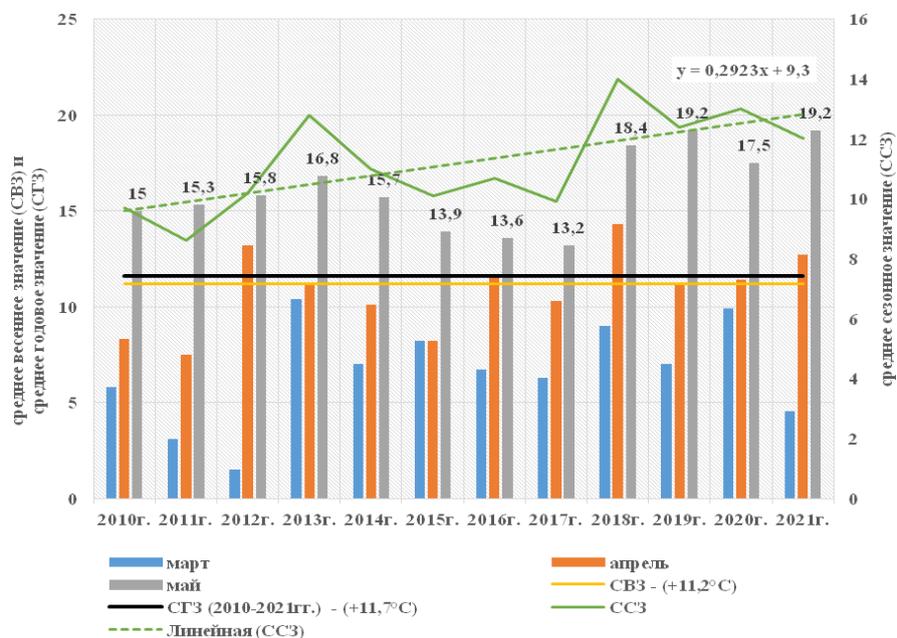


Рисунок 5 — Температура приземного слоя воздуха весной

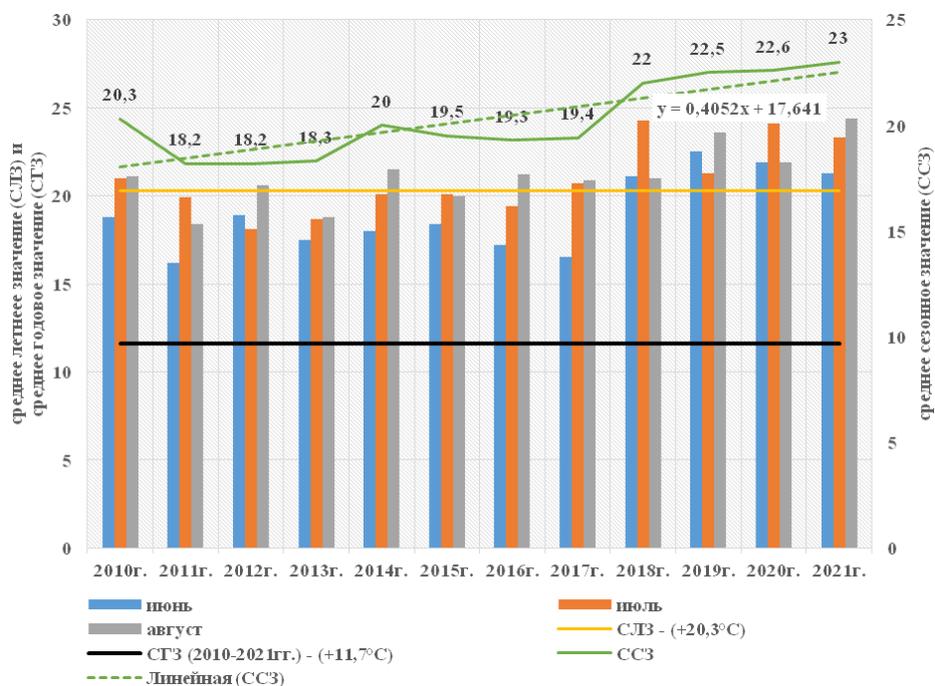


Рисунок 6 — Температура приземного слоя воздуха летом

Согласно ССЗ, температура приземного слоя атмосферы в весенний период повышается от плюс 9,7 °С (2010 г.) до плюс 12,0 °С (2021 г.), т. е. температура приземного слоя атмосферы с начала исследуемого периода больше температур конца примерно в 1,2 раза, на что также указывает положительный тренд на графике.

Также на гистограмме весеннего периода, наблюдается положительный тренд для следующих значений, уравнения которых выглядят следующим образом:

- средние сезонные:

$$y = 0,2923x + 9,3;$$

- средние месячные:

март —

$$y = 0,2635x + 4,9083,$$

апрель —

$$y = 0,3108x + 8,8045,$$

май —

$$y = 0,3147x + 14,088.$$

СЛЗ температур приземного слоя атмосферы (рис. 6) составляет плюс 20,3 °С, а среднегодовое значение — плюс 11,7 °С. Как видно, СЛЗ температур приземного слоя воздуха в летний период в 1,73 раза выше СГЗ.

Незначительные превышения средних летних значений наблюдаются в следующих месяцах и годах: *июнь* — 2018–2021 гг.; *июль* — 2010, 2017–2021 гг.; *август* — 2010, 2012, 2014, 2016–2021 гг.

Как показывает гистограмма летнего периода, на фоне положительного температурного тренда наблюдается повышение ССЗ температур приземного слоя атмосферы с начала исследуемого периода в 1,2 раза.

Также на гистограмме летнего периода, наблюдается положительный тренд для значений, уравнения которых выглядят следующим образом:

- средние сезонные:

$$y = 0,4052x + 17,641;$$

- средние месячные:

июнь —

$$y = 0,4047x + 16,39,$$

июль —

$$y = 0,4007x + 18,312,$$

август —

$$y = 0,34691874x + 18,862.$$

СОЗ и СГЗ температур приземного слоя атмосферы (рис. 7) находится почти на одном уровне и составляет плюс 12,1 и плюс 11,7 °С соответственно. Так, превышение средних осенних значений и средних годовых значений температур приземного слоя атмосферы наблюдается в следующих месяцах и годах: *сентябрь* — с 2010 по 2021 г., *октябрь* — 2012, 2018–2020 гг.

Минимальные значения температур приземного слоя атмосферы равные плюс 0,1 °С отмечены в ноябре 2011 г., а максимальные — в сентябре 2020 г. равные плюс 20,7 °С. Средняя температура в сентябре, октябре и ноябре составила плюс 17,0, плюс 12,2 и плюс 7,0 °С соответственно.

Как показывает гистограмма осеннего периода, наблюдается положительный тренд для значений, уравнения которых выглядят следующим образом:

- средние сезонные:

$$y = 0,2591x + 10,374;$$

- средние месячные:

сентябрь —

$$y = 0,1781x + 15,83,$$

октябрь —

$$y = 0,422x + 9,4818,$$

ноябрь —

$$y = 0,1874x + 5,7318.$$

Как показано на рисунке 8 и в таблице, соотношение весенних и осенних температур приземного слоя атмосферы в Верхне-Балкарском ущелье находится почти на одном уровне. Причём наибольшие среднемесячные температуры приземного слоя атмосферы для весеннего и осеннего сезонов выявлены в апреле, мае, сентябре и октябре.

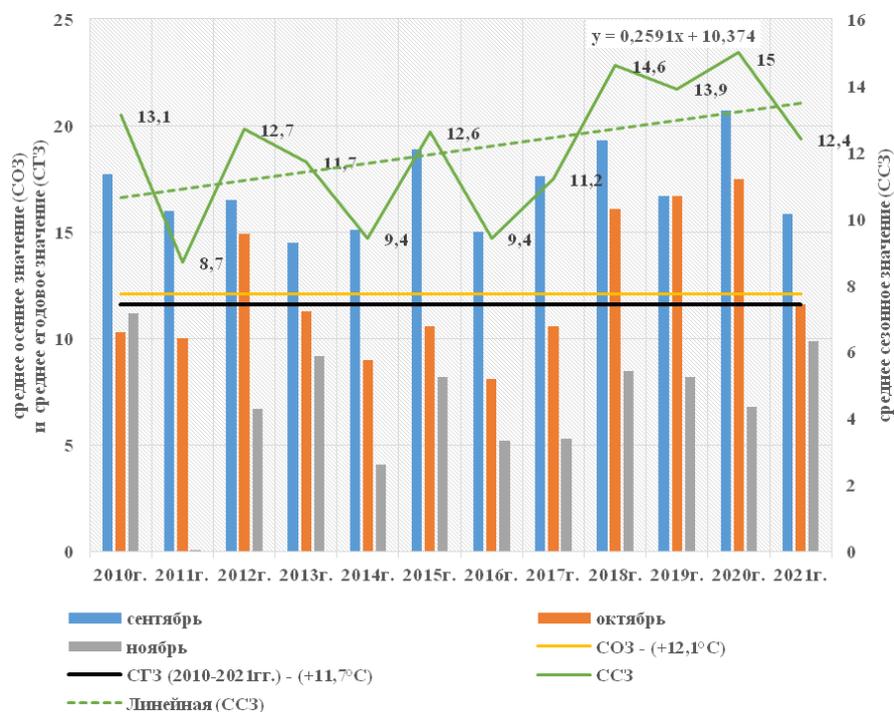


Рисунок 7 — Температура приземного слоя воздуха осенью

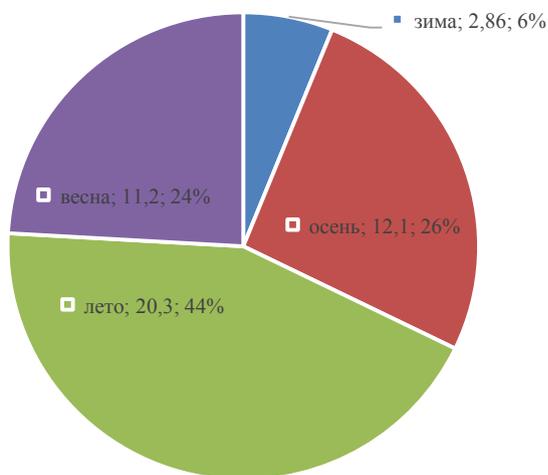


Рисунок 8 — Соотношение температуры приземного воздуха в Верхне-Балкарском ущелье в разные сезоны

Таким образом, на основании имеющихся данных можно схематично представить распределение исследуемых параметров по годам, месяцам и в процентах от среднегодового значения (табл.).

Таблица — Распределение параметров

Распределение	температур	по годам	2018 г. > 2019 г. > 2020 г. > 2021 г. > 2010 г. > 2015 г. > 2013 г. > 2014 г. > 2012 г. > 2017 г. > 2016 г. > 2011 г.												
			по месяцам	Март > декабрь > февраль > январь > август > июль > июнь > сентябрь > май > октябрь > апрель > ноябрь											
	расхода воды / температур	% от среднееголетнего значения		2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
			100 / 102	103 / -77	-98 / -90	-99 / -96	100 / -92	-93 / -96	103 / -88	-97 / -89	100 / 118	-99 / 116	-83 / 115	104 / 114	

Анализ данных показал, что:

1. Самым *тёплым годом* в Верхне-Балкарском ущелье (по показателю среднегодовой температуры) оказался 2018 г., температура приземного слоя атмосферы составила плюс 13,8 °С, а самым *холодным годом* — 2011 г. со средней температурой плюс 9,0 °С.

2. Самая *тёплая зима* в Верхне-Балкарском ущелье была в 2018–2019 гг. Средняя зимняя температура составила плюс 5,0 °С, а *самая холодная* — в 2011–2012 гг., средняя зимняя температура приземного слоя атмосферы составила минус 0,3 °С.

3. Самой *тёплой весной* в Верхне-Балкарском ущелье можно считать весну в 2018 г.: средняя весенняя температура приземного слоя атмосферы составила плюс 14,0 °С, а *самой холодной* — в 2011 г.: средняя весенняя температура приземного слоя атмосферы — плюс 8,6 °С.

4. Самое *тёплое лето* в Верхне-Балкарском ущелье было в 2021 г.: средняя летняя температура приземного слоя атмосферы составила плюс 23,0 °С, а *самое холодное* — в 2011 г.: средняя летняя температура приземного слоя атмосферы — плюс 18,2 °С.

5. Самая *тёплая осень* в Верхне-Балкарском ущелье была в 2020 г.: средняя осенняя температура приземного слоя атмосферы составила плюс 15,0 °С, а *самой холодной* — в 2011 г.: средняя осенняя температура приземного слоя атмосферы — плюс 8,7 °С.

6. Посезонное распределение температуры приземного слоя атмосферы характеризовалось положительным трендом во все сезоны исследований. Так, выявлено увеличение температуры приземного слоя атмосферы с начала и до конца периода исследований, т. е. с 2010 до 2021 г.: зимой — в 2,4 раза, весной — в 1,2–1,6 раза, летом — в 1,2 раза, осенью — в 1,7 раза.

7. Распределение по годам лидирующего положения температуры приземного слоя атмосферы: 2018 г. > 2019 г. > 2020 г. > 2021 г. > 2010 г. > 2015 г., на долю которых приходится 55 % от среднееголетних значений.

8. 66 % от всей суммарной температуры приземного слоя атмосферы за период исследований (2010–2021 гг.) приходится на шесть месяцев исследований: август > июль > июнь > сентябрь > май > октябрь;

9. Распределение температур приземного слоя атмосферы (в % от среднееголетнего значения) показало, что период с 2011 по 2017 г. характеризовался пониженными значениями и изменялся в пределах от минус 77 до минус 96 %, причём повышение температур приземного слоя атмосферы было отмечено начиная с 2018 г.

Список литературы

1. Атлас Кабардино-Балкарской республики / под ред. Р. А. Бураева. Москва: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1997. 42 с.
2. Батова В. М. Колебания климата Северного Кавказа за последнее столетие. Экологические проблемы Северного Кавказа и Нижнего Дона. Ростов-на-Дону: Восточный университет, 1990. С. 84–95.
3. Водные ресурсы России и их использование / под ред. проф. И. А. Шикломанова. Санкт-Петербург: Государственный гидрологический институт, 2008. 600 с.
4. Газаев Х.-М. М., Бозиева Ж. Ч., Агоева Э. А., Газаев М. А. Изменение приземной температуры воздуха и суммы выпавших осадков в Верхне-Балкарском ущелье // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25, № 8. С. 14–23.
5. Бозиева Ж. Ч., Агоева Э. А., Иттиев А. Б. Исследование метеорологических и гидрологических параметров в Кавказском регионе // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 2 (81). С. 114–124.
6. Газаев Х.-М. М., Бозиева Ж. Ч., Агоева Э. А. Исследование количества атмосферных осадков в Верхне-Балкарском ущелье // Горные экосистемы и их компоненты. Нальчик, 2019. С. 235–237.
7. Давыдов Л. К. Водность рек СССР её колебания и влияние на неё физико-географических факторов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1947. 162 с.

8. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. Москва, 2022. С. 55.
9. Панов В. Д., Псарёва Т. В. Каталог ледников СССР. Ленинград: Гидрометеоздат, 1973. Т. 8: Северный Кавказ, ч. 6, 7. 95 с.
10. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Росгидромет. Санкт-Петербург: Научно-технологические, 2022. 124 с.

References

1. *Atlas of the Kabardino-Balkarian Republic*. Ed. by R. A. Buraeva. Moscow: Federal service of geodesy and cartography of Russia; 1997:42 (In Russ.).
2. Batov V. M. *Climate fluctuations in the North Caucasus over the last century. Ecological problems of the North Caucasus and the Lower Don*. Rostov-on-Don: Eastern University; 1990:84–95 (In Russ.).
3. *Water resources of Russia and their use*. Ed. by prof. I. A. Shiklomanova. St. Petersburg: State Hydrological Institute; 2008:600 (In Russ.).
4. Gazaev H.-M. M., Bozieva Zh. Ch., Agoeva E. A., Gazaev M. A. Changes in surface air temperature and total precipitation in the Upper Balkar Gorge. *Bulletin of the Transbaikalian State University*. 2019;25(8):14–23 (In Russ.).
5. Bozieva Zh. Ch., Agoeva E. A., Ittiev A. B. Study of meteorological and hydrological parameters in the Caucasus region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2021;2(81):114–124 (In Russ.).
6. Gazaev H.-M. M., Bozieva Zh. Ch., Agoeva E. A. Study of the amount of precipitation in the Upper Balkar Gorge. *Mountain Ecosystems and Their Components*. Nalchik: 2019:235–237 (In Russ.).
7. Davydov L. K. *The water content of the rivers of the USSR, its fluctuations and the influence of physical and geographical factors on it*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1947:162 (In Russ.).
8. *Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2021*. Moscow: 2022:55 (In Russ.).
9. Panov V. D., Psareva T. V. *Catalog of glaciers of the USSR*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1973;8(6, 7): 95 (In Russ.).
10. *Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary*. St. Petersburg: High technologies; 2022:124 (In Russ.).

Информация об авторах

Агоева Э. А. — старший научный сотрудник;
Бозиева Ж. Ч. — научный сотрудник;
Иттиев А. Б. — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник.

Information about the authors

Agoeva E. A. — Senior Researcher;
Bozieva Zh. Ch. — Researcher;
Ittiev A. B. — Candidate of Sciences (Chemical), Leading Researcher.

Статья поступила в редакцию 29.04.2023; одобрена после рецензирования 12.05.2023; принята к публикации 24.05.2023.

The article was submitted 29.04.2023; approved after reviewing 12.05.2023; accepted for publication 24.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 79–87.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):79–87 (In Russ.).

Научная статья
УДК 72.01, 612.84
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_79

ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Истомина Светлана Анатольевна^{1✉}, Свиридов Леонид Игнатьевич²

^{1,2} Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

¹ s-istomina@mail.ru ✉

² LSviridov@sfu-kras.ru

Аннотация. Геоморфологические особенности местности, геологический состав пород с их эрозийным смешением под влиянием водных ресурсов — абиотические основополагающие эпигенетические факторы индивидуализации городских территорий, складывающиеся на протяжении миллионов лет в уникальные энергетические образования. Уникальность энергогеологической профилизации палеоисторической территории города является эпигенетической основой урбанизированной биогеохимической эндемии. С ростом города геоморфология местности дополняется урборморфологическими эндопространствами улиц, площадей, формируемыми каменными постройками из местных геологических материалов. Использование местных строительных материалов в архитектуре города усиливает естественные геоморфологическое и геологическое воздействия на фенотипию горожан.

Ключевые слова: геоморфология, урборморфология, георхеморфозит, геодиверситет, абиотические эпигенетические факторы, энергогеологическая профилизация

Для цитирования: Истомина С. А., Свиридов Л. И. Вопросы геологического наследия на урбанизированных территориях // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 79–87. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_79.

ISSUES OF GEOLOGICAL HERITAGE IN URBAN AREAS

Svetlana A. Istomina^{1✉}, Leonid I. Sviridov²

^{1,2} Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

¹ s-istomina@mail.ru ✉

² LSviridov@sfu-kras.ru

Abstract. The geomorphological features of the area, the geological composition of rocks with their erosional mixing under the influence of water resources are the abiotic fundamental epigenetic factors of the individualization of urban areas, which have formed over millions of years into unique energy formations. The uniqueness of the energy-geological profiling of the paleo-historical territory of the city is the epigenetic basis of the urbanized biogeochemical endemia. With the growth of the city, the geomorphology of the area is supplemented by urbormorphological endospaces of streets and squares, formed by stone buildings from local geological materials. The use of local building materials in the architecture of the city enhances the natural geomorphological and geological impacts on the phenotype of citizens.

Keywords: geomorphology, urbormorphology, geoarchemorphosite, geodiversity, abiotic epigenetic factors, energy-geological profiling

For citation: Istomina S. A., Sviridov L. I. Issues of geological heritage in urban areas. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):79–87 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_79.

Введение

Урбанизированные биогеохимические эндемии — адаптационные условия энерго-геологических профилизаций палеоисторических территорий городов — объединяют средоформирующие эпигенетические стимулы фенотипического изменения его населения. Геоморфологические особенности местности, геологический состав пород с их эрозийным смешением под влиянием водных ресурсов — абиотические основополагающие эпигенетические факторы индивидуализации городской территории, складывающиеся на протяжении миллионов лет в уникальные энергетические образования. Использование местных строительных материалов в архитектуре города усиливает естественные геоморфологическое и геологическое воздействия

на фенотипию горожан. С ростом города геоморфология местности дополняется урбоморфологическими эндопространствами улиц, площадей, формируемыми каменными постройками из местных строительных материалов [3; 4]. Геологические материалы в каменных зданиях инвертируют (понижают) энергетический уровень резонанционного аберрирования гормонального индуцирования этикогенности в трансляционном терминальном генетическом порядке. Это мало изученная сторона, требующая междисциплинарного исследования и открывающая новые научные горизонты.

Развитие мирового научно-исследовательского движения в направлении объединения геоморфологии с использованием геологического материала в искусственной урбоморфологии начинает складываться во второй половине XX в. В 1972 г. была принята Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия Генеральной конференцией Организации Объединенных Наций [34]. Россия подписала Конвенцию в 1988 г.

Геоморфологическая и геологическая особенность палеоисторической территории города, рассматриваемая как результат проявления абиотических факторов, определяется в современных научных публикациях понятием «геоморфозит» (geomorphosite) [31]. Геоморфозит может включать в себя геозиты (geosite), в широком смысле трактуемые как элементы, местность, представляющие научный и экологический интерес, рассматриваемые как геонаследие (geoheritage). Научные интересы могут различными: геоморфологическими, вулканологическими, палеонтологическими, гидрогеологическими, минералогическими и др. В случае населенных территорий добавляются культурные, археологические, образовательные и другие виды интересов. Антропогенное воздействие на геоморфозит при зарождении и развитии города переводит его в разряд геоархеоморфозита. Взаимосвязь между геологией и архитектурой через местные строительные камни и материалы в исследованиях также описываются в понятии геозита [46].

Абиотическое воздействие неживой природы на биотическую живую природу рассматривается на физико-химическом уровне: по орографии, климату, составу воды, почвы и атмосферы. При анализе развития геосистемы рельефа континентальной части северного полушария на границах плейстоцена и голоцена под влиянием резкого похолодания климата, перестроения экотонных, смены мамонтовой фауны и других событий [13] формируется мнение о недостаточности информации о действиях сил, предопределяющих исторический эволюционный процесс.

В оценку характеристики рельефа вводится критерий энергии и её изменение, коррелирующий с высотой поверхности в геоморфологии [24], который может быть применён и к искусственным формам из природных материалов в урбоморфологии.

Общим фактором для многочисленных исследований периода голоцена является нарушение гомеостатического равновесия геоморфологии плейстоцена при деформационных смещениях пород различных геологических периодов. Территориальная неоднородность и различие по составу терригенных пород в период голоцена отмечается в многочисленных исследованиях [1; 6–11; 16; 19], что свидетельствует об уникальности складывающихся энергогеологических профилизаций различных палеоисторических территорий.

Ряд работ объединяет стремление выйти за пределы узкоспециализированных научных направлений в поиске системного подхода в теоретическом обосновании энергообменных процессов в границах геологического и биологического взаимодействия. Развивающаяся теория взаимодействия абиотических и биотических систем [17] выходит на уровень энергоэнтропийного перехода неживой природы через диссипацию или рассеяние энергии в антидиссипативные процессы живой природы. Концепция экологических сообществ [2] расширяет круг симбиотического, абиотического и биотического палеоафлактивирования — метаморфического гармонизирования неравновесных систем.

Метаморфический системогенез в геофизике Земли выявляет секреторные гармонизации геобиоантропоурбанистических энергоинформационных процессов в планетарном гомеостазе [4]. Энергогеологические особенности палеоисторической территории города определяют нейролингвистический строй местности. Коммутационные интеграции абиотического и биотического аутокриогенеза распространяются на органогенные комплексы урбоморфологий голоценного параметрирования, что в совокупности обозначается термином «патнегенез». Формируется понятийный аппарат энергоинформационного синтеза в области органогенного симбиоза рудоморфической геолого-минералогической организации плезіоконсервативного энергообменного поросингулятора в анабиотическом рецессировании [5].

В списке всемирного наследия выделяются три типа объектов: культурных, природных и смешанных. Поддерживает это направление подкомиссия по камню наследия (HSS) под эгидой Международного союза геологических наук (IUGS), присваивая статус «Глобальный ресурс

камня наследия» геологическим материалам, используемым в объектах архитектурного наследия и особенно важным для местных культур и традиций [34]. Интерес к использованию местных геоматериалов в строительстве городов и к объединению геологического и культурного наследия в последние годы прослеживается в ряде публикаций исследователей разных стран. Это формирует широкую основу для последующего изучения геологического эпигенетического влияния на фенотипы населения городов.

Многочисленны примеры георхеморфозитов в различных странах [18; 32–34]. В Европе к ним относится исторический центр Урбино (регион Марке, Италия) — объект Всемирного наследия ЮНЕСКО. Исследователи выделили литотипы местных (осадочных пород) и внерегиональных (национальных и транснациональных) геологических материалов в застройке города. Исторический центр Урбино был построен в основном из кирпича и местных камней, поступающих из соседней Апеннинской цепи, где в древние времена эксплуатировались многочисленные карьеры [42]. Изучение г. Брно (Чешская Республика) выявило примеры строительных камней, используемых в городе с акцентом на известняк Криноиды и Старый Красный конгломерат и песчаник. Эти материалы добывались со времен Средневековья и участвовали в формировании идентичности облика города [37]. В Хорватии, богатой осадочными породами благодаря своей геологической истории, для городского строительства столичного Загреба использовались известняки рудиста, онколитовые, литиотиса и другие из карьеров близлежащей горы Медведницы [26]. Красный эрено, добываемый в Стране Басков (области на севере Испании) с римских времен (I в.), — известняк с интенсивной красной микритической матрицей, контрастирующей с содержащимися в нём белыми ископаемыми раковинами рудиста, широко применяется в архитектуре [40].

Используемое сегодня в научно-практическом языке понятие «геодиверситет» (geodiversity), по мнению Мюррей Грея (Murray Gray), исследователя географического факультета Лондонского университета королевы Марии, является абиотическим эквивалентом биоразнообразия и описывает разнообразие геологических, геоморфологических, гидрологических особенностей и процессов [29]. Понятие геодиверситета динамично развивается, охватывая информационные ресурсы различных видов и форм: цифровую документацию данных о геонаследии в рамках единой географической системы; картографирование в различных масштабах; создание 3D-моделей территорий [23]; базы данных о камне и кирпиче, использованных в строительстве города; археологические, палеонтологические фиксации на местности и в музейных экспозициях; формирование путеводителей разного уровня (визуальных коммуникаций для пеших маршрутов и мультимедийных веб-сайтов) [41] с целью распространения знаний о геонаследии.

Анализ современного состояния георхеморфозита на палеоисторической территории Красноярска (рис. 1) выявил два геозита: Покровскую гору (куэсту с моноклиальным залеганием пород карымовской свиты нижнего девона) и Николаевскую сопку I (самую высокую часть субвулканической интрузии кварцевых сиенит-порфиров среднего-позднего ордовика).



Рисунок 1 – Геоморфология Красноярска: I–VIII — надпойменные террасы

По южному склону Покровской горы обнажены отложения красноцветных пород павловской свиты, дающих название городу (рис. 2а). Магматические расплавы Николаевской сопки, не достигая поверхности, приподняли перекрывающие породы (рис. 2б). В центре данного субвулканического образования находятся слабопорфировидные сиениты, на периферии — микросиениты и сиенит-порфиры, которые близки к эффузивам имирской свиты. Афонтова гора — небольшая возвышенность, являющаяся восточным склоном Николаевской сопки I, один из ключевых объектов палеолита Сибири (рис. 2в).



Рисунок 2 — Современные виды геоморфологии Красноярска: а — Покровская гора с Красным яром на южном склоне; б — Николаевская сопка I; в — Афонтова гора (фото авторов)

Историческая часть Красноярска за два столетия собрала архитектуру разных стилей, начиная с барокко до постмодернизма. Строительным материалом служил кирпич с использованием местных глин, разных по минеральному составу, физическим свойствам и цвету (рис. 3). Было распространено устройство фасадных карнизов из местного песчаника, использовалась облицовка цокольных частей кирпичных зданий местным красным гранитом из бывшего карьера на охраняемой с 2019 г. территории национального парка «Красноярские Столбы», например главный фасад Торгового дома «Ревильон-братья» (пр. Мира, 49) парижской компании «Revillon Freres» в 1910–1912 гг. был полностью облицован этим гранитом. Эта геологическая порода присутствует также в облицовке коммунального моста, благоустройстве набережных р. Енисей.

Начало формирования геодиверситета Красноярска следует отнести к концу XIX в., когда начались археологические исследования И. Т. Савенкова [15] на Афонтовой горе в связи с разработкой кирпичной глины и строительством железной дороги. С 1880–1890-х гг. была собрана коллекция из 1 500 экземпляров фауны и 250 древних изделий на стоянках древних охотников позднего палеолита. Современные археологические находки Афонтовой горы продолжают пополнять палеонтологические коллекции Красноярского краеведческого музея. Коллекционный фонд Музея геологии Центральной Сибири GEOS (пр. Мира, 55) содержит минералогические, палеонтологические, петрографические экспонаты с XIX в. до наших дней. С образовательной целью в тёплый сезон музей организует исследовательские геологические маршруты. В Сибирском федеральном университете для студентов составляются путеводители по геологическим маршрутам [12; 14], исследуются вопросы урбоморфологии и архитектурных стилей как эпигенетических факторов [3; 4]. Для расширения познавательного уровня населения используются приёмы геотуризма. Так, на Николаевской сопке оборудована смотровая площадка, с которой открываются панорамные виды на весь город и национальный парк «Красноярский столбы».



Рисунок 3 — Вариации цвета кирпича памятников архитектуры в исторической части Красноярска (фото авторов)

Заключение

С основанием городов на палеоисторических территориях и строительством каменных зданий из местных геологических материалов усиливаются эндемические стимулы фенотипического изменения его населения. Когенизационная синтропия палеофенотипического содержания определяет эпигенетическую профилизацию палеоисторической территории города для участия в последующих патнегенезов. Мировая научно-исследовательская тенденция систематизации абиотического и биотического разнообразия на относительно изолированной урбанизированной территории города в форме геодиверситета становится научной основой для последующих генетических исследований в определении механизмов симбиозирования абиотических, биотических и культурных факторов.

Список литературы

1. Гайнанов Ш. Х., Трусова А. В. Типы текстур глинистых пород красноцветной терригенной формации и их влияние на прочностные характеристики // Вестник Пермского университета геологии. 2019. Т. 19, № 2. С. 145–185.
2. Демиденко Г. А. Эволюция природных комплексов поймы и первой надпойменной террасы реки Енисей в голоцене // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 5. С. 240–244.
3. Истомина С. А. Влияние архитектурно-композиционных построений на человека // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2018. № 3. С. 56–67.
4. Истомина С. А. Метаморфический системогенез и архитектурно-энергетические итерации. Москва: ИНФРА-М, 2019. 369 с.
5. Истомина С. А. Энергоинформационные процессы. Терминологический словарь. Москва: ИНФРА-М, 2018. 406 с.
6. Латышева И. В. Аутигенные минералы в терригенных породах нижне- и среднеюрского терригенного комплекса большого Кавказа как показатель условий постдиагенетических преобразований // Глины и глинистые материалы. Москва, 2019. С. 162–164.
7. Медведева С. А. Редкоземельные элементы в юрско-меловых терригенных породах бассейнов рек Лимурии и Пильды (Дальний Восток России) // Успехи современного естествознания. 2020. № 4. С. 114–119.
8. Медников С. Л., Крук Н. Н., Голозубов В. В. Неоднородность источников кластического материала терригенных пород Таухинского аккреционного комплекса (Сихотэ-Алинь) на ранних стадиях его формирования // Геосферные исследования. 2020. № 3. С. 6–16.
9. Милаш А. В., Черешинский А. В. Литолого-фашильная характеристика Петинских отложений Воронежской антеклизы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2021. № 2. С. 22–28.

10. Мотова З. Л., Донская Т. В., Гладкочуб Д. П., Мазукабзов А. М. Состав и условия формирования позднедевонских терригенных пород карагаской серии (Бирюсинское Присяянье) // Геосферные исследования. 2020. № 2. С. 44–63.
11. Мотова З. Л., Плюснин А. В., Никулин Е. В. Литолого-фациальные особенности, вещественный состав и условия седиментации терригенно-карбонатных пород мотской серии («Шаманский утес», Иркутское Присяянье) // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12, № 3. С. 628–644.
12. Перфилова О. Ю., Свиридов Л. И., Махлаев М. Л., Донован Н. Б., Самородский П. Н., Спиридонова Э. В., Лобастов Б. М. Геологическое строение и геоморфология окрестностей г. Красноярска (путеводитель по экскурсионным геоморфологическим и геологическим маршрутам). Красноярск: СибГУ, 2022.
13. Поздняков А. В., Пупышев Ю. С., Пучкин А. В., Фузелла Т. Ш. Генезис грядово-ложбинного рельефа Западно-Сибирской равнины // Геосферные исследования. 2020. № 4. С. 42–57.
14. Путеводитель по геологическим маршрутам в окрестностях г. Красноярска / А. М. Сазонов, Р. А. Цыкин, С. А., Ананьев, О. Ю. Перфилова, М. Л. Махлаев, О. В. Сосновская. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2010. 202 с.
15. Савенков И. Т. О палеолитической эпохе в окрестностях Красноярска Енисейской губернии. Красноярск: Тип. А. Д. Жилина, 1892. 29 с.
16. Смолькин Н. В., Скублов С. Г., Ветрин В. Р. Редкоэлементный состав детритового циркона архейского возраста из Ятулинских терригенных пород Фенноскандии // Записки Российского минералогического общества. 2020. Т. 149, № 6. С. 85–100.
17. Шамаева Е. Ф., Кнауб Р. В. К вопросу оценки последствий катастроф различного генезиса в системе «природа – общество – человек» // Геосферные исследования. 2021. № 3. С. 104–114.
18. Aksoy R., Ince I., Mimiroglu I. M., Esen O. Provenance and geological and geomechanical properties of building stones used in the construction of the Lyrbé ancient city (Manavgat, Antalya, Turkey) // Environment Earth Sciences. 2021. Vol. 80. Article no. 789.
19. Azami S. H., Wagreech M., Mehri M. M., Gharai M. H. M., Gier S., Leckie R. M. Sedimentology and sediment geochemistry of the pelagic Paryab section (Zagros Mountains, Iran): implications for sea level fluctuations and paleoenvironments in the late Paleocene to middle Eocene // Arabian Journal of Geosciences. 2021. Vol. 14. Article no. 1032. P. 1–16.
20. Abdel Maksoud K. M., Elfeky H., Ruban D. A., Ermolaev V. A Unique Coincidence of Geomorphological, Geological, and Geoarchaeological Features in the Valley of Camels (Dakhla Oasis, Western Desert, Egypt) // Geoheritage. 2020. Vol. 12. Article no. 81.
21. Bonova K., Jafarzaeh M., Bona J. Depositional history of the Devonian Ilanqaren and Padeha Formations in Azarbaijan Province and Eastern Alborz (Iran): constraints from heavy-mineral microtextures // Acta geologica Slovaca. 2021. Vol. 13 (1). P. 13–26.
22. Bouari F., Lazreq N., Soulaïmani F., Tahiri F., Aboulfaraj A. The Heritage Interest of the Koudiat Ferjiane Outcrops of Jebel Ardouz in the M'zoudia Region and Their Protection // Geoheritage. 2021. Vol. 13. Article no. 13.
23. Cekada M. T., Radovan D., Lipus B., Mongus D. Very Small Glaciers as Geoheritage: Combining a Spatio-Temporal Visualisation of Their Development and Related Effects of Climate Change // Geoheritage. 2020. Vol. 12. Article no. 85.
24. Chrobak A., Novotný J., Struś P. Geodiversity Assessment as a First Step in Designating Areas of Geotourism Potential. Case Study: Western Carpathians // Front. Earth Sci. 01 November 2021. URL: <https://doi.org/10.3389/feart.2021.752669>; https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.0b7aa58f-62b1995d-1024d86e-74722d776562; <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2021.752669/full>.
25. Filek T., Joniak P. Small mammal assemblage from lacustrine Late Pleistocene deposits near Ovcarsko (Northern Slovakia) // Acta geologica Slovaca. 2020. Vol. 12 (2). P. 121–135.
26. Firi K. F., Maricic F. Usage of the Natural Stones in the City of Zagreb (Croatia) and Its Geotouristical Aspect // Geoheritage. 2020. Vol. 12. Article no. 62.
27. Fotoohi S., Negaresh H., Khatooni J. D., Bayat M. Investigation Aeolian deposits in Hamun Lake located in east of Iran during Holocene period // Environment Earth Sciences. 2022. Vol. 81. Article no. 12.
28. Gardenes V., Lopez-Pineiro S., Ruiz de Argandona V. G. The Relevance of Green Phyllites of Lugo (Spain) in the Architectonical Heritage: an Exceptional Roofing State Resource // Geoheritage. 2021. Vol. 13. Article no. 11.
29. Gray Murray. Geodiversity, valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons Chichester, 2004. P. 434.
30. Gupta B., Solanki A., Jagtap S., Joshi M., Bhakuni S. S. Morpho-structural approach to assess landslides in the Kali river valley, NE Kumaun Himalaya, India // Environment Earth Sciences. 2022. Vol. 81. Article no. 35.
31. Jamorska I., Marcin Sobiech M., Tomasz Karasiewicz T., Karol Tylmann K. Geoheritage of Postglacial Areas in Northern Poland — Prospects for Geotourism // Geoheritage. 2020. Vol. 12. P. 12. URL: <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00431-0>.
32. Kaur G., Agarwal P., Garg S., Kaur P., Saini J., Singh A., Pandir M., Acharya K., Rooprai V. S., Bhargava O. N., Kumar M., Ahuja A. The Alwar Quartzite Built Architectural Heritage of North India: a Case for Global Heritage Stone Resource Designation // Geoheritage. 2021. Vol. 13. Article no. 55.
33. Kaur G., Ahuja A., Thakue S. N., Pandit M., Duraiswami R., Sing A., Kaur P., Saini J., Goswami R. G., Prakash J., Acharya K., Singh S., Garg S. Jodhpur Sandstone: an Architectonical Heritage Stone from India // Geoheritage. 2020. Vol. 12. Article no. 16.

34. Kaur G., Bhargava O. N., Ruiz de Argandona V. G., Thakur S. N., Singh A., Saini J., Kaur P., Sharma U., Garg S., Singh J. J., Cardenes V. Proterozoic Slates from Chamba and Kangra: a Heritage Stone Resource from Himachal Pradesh, India // *Geoheritage*. 2020. Vol. 12. Article no. 79.
35. Kim Y., Rahardjo H., Nistor M. M., Satyanaga A., Leong E. C., Sham A. W. L. Assessment of critical rainfall scenarios for slope stability analyses based on historical rainfall records in Singapore // *Environment Earth Sciences*. 2022. Vol. 81. Article no. 39.
36. Krejci O., Krejci V., Kasperakova D. Engineering geological limits of the urban development of the Brno city // *Acta geologica Slovaca*. 2020. Vol. 12 (2). P. 107–119.
37. Kubakova L., Zapletalova D. Geo-Cultural Aspects of Building Stone Extracted Within Brno City (Czech Republic): a Bridge Between Natural and Cultural Heritage // *Geoheritage*. 2021. Vol. 13. Article no. 78.
38. Lucci F., Saki A., Miri M., Rabiee F., White J. C. Genesis of trondhjemite by low-pressure low-melt fraction anatexis of hornblende-gabbro at Alvand Plutonic Complex (Hamedan, NW Iran): insights from geochemical modeling // *Arabian Journal of Geosciences*. 2021. Vol. 14. Article no. 1788. P. 1–20.
39. Lucke B., Baumler R. Holocene dust dynamics archives in archaeological ruins in arid and semi-arid environment in the Southern Levant // *Arabian Journal of Geosciences*. 2021. Vol. 14. Article no. 2663. P. 1–15.
40. Molla L. D., Uriarte J. A., Zabaleta A., Aranburu A., Garmilla F. G., Sagarna M., Bodego A., Clemente J. A., Morales T., Antiguaded I. Red Ereno: an Ornamental and Construction Limestone of International Significance from the Dasque Country (northern Spain) // *Geoheritage*. 2021. Vol. 13. Article no. 2.
41. Sang X., Leng X., Ran X., Xue L. A Virtual 3D Geological Library Based on UAV and SFM: Application for Promoting Teaching and Research on Geological Specimen and Heritage Online. 2022. URL: <https://www.researchgate.net/journal/Geoheritage-1867-2485>.
42. Santi P., Tramontana M., Tonelli G., Renzulli A., Veneri F. The Historic Centre of Urbino, UNESCO World Heritage (Marche Region, Italy): an Urban-Geological Itinerary Across the Building and Ornamental Stones // *Geoheritage*. 2021. Vol. 13. Article no. 86. P. 1–22.
43. Sousa L., Menningen J., Doncel R. L. D., Siegemund S. Petrophysical properties of limestones: influence on behaviour under different environmental conditions and application // *Environment Earth Sciences*. 2021. Vol. 80. Article no. 814.
44. Sujan M., Fordinal K., Sarinova R., Rybar S., Pelech O. Upper Miocene colluvial and alluvial fan deposits of the Modrova Mb.: A window to palaeogeography of the Povazsky Inovec Mts. (Western Carpathians) // *Acta geologica Slovaca*. 2021. Vol. 13 (1). P. 27–47.
45. Wajid A. A., Anees M., Alam S., Gorchani J. K., Shahzad K., Israr A., Shafique M. Lineament mapping for a part of the Central Sulaiman Fold-Thrust Belt (SFTB), Pakistan // *Arabian Journal of Geosciences*. 2021. P. 1–19.
46. Patrick De Wever, François Baudin, Dolores Pereira, Kevin Page. The Importance of Geosites and Heritage Stones in Cities — a Review. 2016. URL: <https://www.researchgate.net/journal/Geoheritage-1867-2485>.
47. Woo K. S., Chun S. S., Moon K. O. Outstanding Geoheritage Values of the Island-Type Tidal Flats in Korea // *Geoheritage*. 2020. Vol. 12. Article no. 8.

References

1. Gainanov Sh. Kh., Trusova A. V. Types of textures of clay rocks of the red-colored terrigenous formation and their influence on strength characteristics. *Bulletin of the Perm University of Geology*. 2019;19(2):145–185 (In Russ.).
2. Demidenko G. A. Evolution of natural complexes of the floodplain and the first floodplain terrace of the Yenisei River in the Holocene. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2018;5:240–244 (In Russ.).
3. Istomina S. A. The influence of architectural and compositional structures on man. *Bulletin of Tomsk State University. Cultural studies and art history*. 2018;3:56–67 (In Russ.).
4. Istomina S. A. *Metamorphic systemogenesis and architectural and energy iterations*. Moscow: INFRA-M.; 2019:369 (In Russ.).
5. Istomina S. A. *Energy-informational processes. Terminological dictionary*. Moscow: INFRA-M.; 2018:406 (In Russ.).
6. Latysheva I. V. Autigenic minerals in terrigenous rocks of the Lower and Middle Jurassic terrigenous complex of the Greater Caucasus as an indicator of the conditions of postdiagenetic transformations. *Clays and clay materials*. 2019:162–164 (In Russ.).
7. Medvedeva S. A. Rare-earth elements in Jurassic-Cretaceous terrigenous rocks of the basins of the Limuria and Pilda rivers (Far East of Russia). *Successes of modern natural science*. 2020;4:114–119 (In Russ.).
8. Mednikov S. L., Kruk N. N., Golozubov V. V. Heterogeneity of sources of clastic material of terrigenous rocks of the Taukhinsky accretion complex (Sikhote-Alin) at the early stages of its formation. *Geospheric research*. 2020;3:6–16 (In Russ.).
9. Milash A. V., Chereshinsky A. V. Lithological and facies characteristics of the Petin deposits of the Voronezh anticline. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geology*. 2021;2:22–28 (In Russ.).
10. Motova Z. L., Donskaya T. V., Gladkochub D. P., Mazukabzov A. M. Composition and conditions of formation of Late Precambrian terrigenous rocks of the Karagassky series (Biryusinskoe Prisyayanye). *Geospheric studies*. 2020;2:44–63 (In Russ.).
11. Motova Z. L., Plyusnin A. V., Nikulin E. V. Lithofacial features, material composition and conditions of sedimentation of terrigenous-carbonate rocks of the Motskaya series ("Shamansky cliff", Irkutsk Prisyayanye). *Geodynamics and tectonophysics*. 2021;12(3):628–644 (In Russ.).

12. Perfilova O. Yu., Sviridov L. I., Makhlaev M. L., Donova N. B., Samorodsky P. N., Spiridonova E. V., Lobastov B. M. *Geological structure and geomorphology of the vicinity of Krasnoyarsk (guide to excursion geomorphological and geological routes)*. Krasnoyarsk: Siberian State University; 2022 (In Russ.).
13. Pozdnyakov A. V., Pupyshv Yu. S., Puchkin A. V., Fusella T. S. Genesis of ridge-hollow relief of the West Siberian Plain. *Geospheric research*. 2020;4:42–57 (In Russ.).
14. Sazonov A. M., Tsykin R. A., Ananyev S. A., Perfilova O. Yu., Makhlaev M. L., Sosnovskaya O. V. *Guide to geological routes in the vicinity of Krasnoyarsk*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2010:202 (In Russ.).
15. Savenkov I. T. *About the Paleolithic epoch in the vicinity of Krasnoyarsk, Yenisei province*. Krasnoyarsk: Printing house of A. D. Zhilin; 1892:29 (In Russ.).
16. Smolkin N. V., Skublov S. G., Vetrin V. R. Rare element composition of detritus zircon of Archean age from Yatulín terrigenous rocks of Fennoscandia. *Notes of the Russian Mineralogical Society*. 2020;149(6):85–100 (In Russ.).
17. Shamaeva E. F., Knaub R. V. On the issue of assessing the consequences of disasters of various genesis in the system “nature – society – man”. *Geospheric research*. 2021;3:104–114 (In Russ.).
18. Aksoy R., Ince I., Mimirolu I. M., Esen O. Provenance and geological and geomechanical properties of building stones used in the construction of the Lyrbé ancient city (Manavgat, Antalya, Turkey). *Environment Earth Sciences*. 2021;80:789.
19. Azami S. H., Wagreich M., Mehrizi M. M., Gharaie M. H. M., Gier S., Leckie R. M. Sedimentology and sediment geochemistry of the pelagic Paryab section (Zagros Mountains, Iran): implications for sea level fluctuations and paleoenvironments in the late Paleocene to middle Eocene. *Arabian Journal of Geosciences*. 2021;14:1032:1–16.
20. AbdelMaksoud K. M., Elfeky H., Ruban D. A., Ermolaev V. A Unique Coincidence of Geomorphological, Geological, and Geoarchaeological Features in the Valley of Camels (Dakhla Oasis, Western Dessert, Egypt). *Geoheritage*. 2020;12:81.
21. Bonova K., Jafarzaeh M., Bona J. Depositional history of the Devonian Ilanqaren and Padeha Formations in Azarbaijan Province and Eastern Alborz (Iran): constraints from heavy-mineral microtextures. *Acta geologica Slovaca*. 2021;13(1):13–26.
22. Bouari F., Lazreq N., Soulaïmani F., Tahiri F., Aboulfaraj A. The Heritage Interest of the Koudiat Ferjiane Outcrops of Jebel Ardouz in the M'zoudia Region and Their Protection. *Geoheritage*. 2021;13:13.
23. Cekada M. T., Radovan D., Lipus B., Mongus D. Very Small Glaciers as Geoheritage: Combining a Spatio-Temporal Visualisation of Their Development and Related Effects of Climate Change. *Geoheritage*. 2020;12:85.
24. Chrobak A., Novotný J., Struś P. Geodiversity Assessment as a First Step in Designating Areas of Geotourism Potential. Case Study: Western Carpathians. *Front. Earth Sci.* 01 November 2021. Available at: <https://doi.org/10.3389/feart.2021.752669> https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.0b7aa58f-62b1995d-1024d86e-74722d776562; <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2021.752669/full>.
25. Filek T., Joniak P. Small mammal assemblage from lacustrine Late Pleistocene deposits near Ovcarsko (Northern Slovakia). *Acta geologica Slovaca*. 2020;12(2):121–135.
26. Firi K. F., Maricic F. Usage of the Natural Stones in the City of Zagreb (Croatia) and Its Geotouristical Aspect. *Geoheritage*. 2020;12:62.
27. Fotoohi S., Negareh H., Khatooni J. D., Bayat M. Investigation Aeolian deposits in Hamun Lake located in east of Iran during Holocene period. *Environment Earth Sciences*. 2022;81:12.
28. Gardenes V., Lopez-Pineiro S., Ruiz de Argandona V. G. The Relevance of Green Phyllites of Lugo (Spain) in the Architectonical Heritage: an Exceptional Roofing State Resource. *Geoheritage*. 2021;13:11.
29. Gray Murray. *Geodiversity, valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons Chichester; 2004:434.
30. Gupta B., Solanki A., Jagtap S., Joshi M., Bhakuni S. S. Morpho-structural approach to assess landslides in the Kali river valley, NE Kumaun Himalaya, India. *Environment Earth Sciences*. 2022;81:35.
31. Jamorska I., Marcin Sobiech M., Tomasz Karasiewicz T., Karol Tylmann K. Geoheritage of Postglacial Areas in Northern Poland — Prospects for Geotourism. *Geoheritage*. 2020;12:12. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00431-0>.
32. Kaur G., Agarwal P., Garg S., Kaur P., Saini J., Singh A., Pandir M., Acharya K., Rooprai V. S., Bhargava O. N., Kumar M., Ahuja A. The Alwar Quartzite Built Architectural Heritage of North India: a Case for Global Heritage Stone Resource Designation. *Geoheritage*. 2021;13:55.
33. Kaur G., Ahuja A., Thakur S. N., Pandit M., Duraiswami R., Sing A., Kaur P., Saini J., Goswami R. G., Prakash J., Acharya K., Singh S., Garg S. Jodhpur Sandstone: an Architectonic Heritage Stone from India. *Geoheritage*. 2020;12:16.
34. Kaur G., Bhargava O. N., Ruiz de Argandona V. G., Thakur S. N., Singh A., Saini J., Kaur P., Sharma U., Garg S., Singh J. J., Cardenes V. Proterozoic Slates from Chamba and Kangra: a Heritage Stone Resource from Himachal Pradesh, India. *Geoheritage*. 2020;12:79.
35. Kim Y., Rahardjo H., Nistor M. M., Satyanaga A., Leong E. C., Sham A. W. L. Assessment of critical rainfall scenarios for slope stability analyses based on historical rainfall records in Singapore. *Environment Earth Sciences*. 2022;81:39.
36. Krejci O., Krejci V., Kasperakova D. Engineering geological limits of the urban development of the Brno city. *Acta geologica Slovaca*. 2020;12(2):107–119.
37. Kubakova L., Zapletalova D. Geo-Cultural Aspects of Building Stone Extracted Within Brno City (Czech Republic): a Bridge Between Natural and Cultural Heritage. *Geoheritage*. 2021;13:78.

38. Lucci F., Saki A., Miri M., Rabiee F., White J. C. Genesis of trondhjemite by low-pressure low-melt fraction anatexis of hornblende-gabbro at Alvand Plutonic Complex (Hamedan, NW Iran): insights from geochemical modeling. *Arabian Journal of Geosciences*. 2021;14:1788:1–20.
39. Lucke B., Baumler R. Holocene dust dynamics archives in archaeological ruins in arid and semi-arid environment in the Southern Levant. *Arabian Journal of Geosciences*. 2021;14:2663:1–15.
40. Molla L. D., Uriarte J. A., Zabaleta A., Aranburu A., Garmilla F. G., Sagarra M., Bodego A., Clemente J. A., Morales T., Antiguada I. Red Ereno: an Ornamental and Construction Limestone of International Significance from the Dasque Country (northern Spain). *Geoheritage*. 2021;13:2.
41. Sang X., Leng X., Ran X., Xue L. *A Virtual 3D Geological Library Based on UAV and SFM: Application for Promoting Teaching and Research on Geological Specimen and Heritage Online*. 2022. Available at: <https://www.researchgate.net/journal/Geoheritage-1867-2485>.
42. Santi P., Tramontana M., Tonelli G., Renzulli A., Veneri F. The Historic Centre of Urbino, UNESCO World Heritage (Marche Region, Italy): an Urban-Geological Itinerary Across the Building and Ornamental Stones. *Geoheritage*. 2021;13:86:1–22.
43. Sousa L., Menningen J., Doncel R. L. D., Siegemund S. Petrophysical properties of limestones: influence on behaviour under different environmental conditions and application. *Environment Earth Sciences*. 2021;80:814.
44. Sujan M., Fordinal K., Sarinova R., Rybar S., Pelech O. Upper Miocene colluvial and alluvial fan deposits of the Modrova Mb.: A window to palaeogeography of the Povazsky Inovec Mts. (Western Carpathians). *Acta geologica Slovaca*. 2021;13(1):27–47.
45. Wajid A. A., Anees M., Alam S., Gorchani J. K., Shahzad K., Israr A., Shafique M. Lineament mapping for a part of the Central Sulaiman Fold-Thrust Belt (SFTB), Pakistan. *Arabian Journal of Geosciences*. 2021:1–19.
46. Patrick De Wever, François Baudin, Dolores Pereira, Kevin Page. *The Importance of Geosites and Heritage Stones in Cities — a Review*. 2016. URL: <https://www.researchgate.net/journal/Geoheritage-1867-2485>.
47. Woo K. S., Chun S. S., Moon K. O. Outstanding Geoheritage Vallues of the Island-Type Tidal Flats in Korea. *Geoheritage*. 2020;12:8.

Информация об авторах

Истомина С. А. — кандидат архитектуры, профессор;
Свиридов Л. И. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент.

Information about the authors

Istomina S. A. — Candidate of Sciences (Architecture), Professor;
Sviridov L. I., Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), 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 28.03.2023; одобрена после рецензирования 17.04.2023; принята к публикации 04.05.2023.

The article was submitted 28.03.2023; approved after reviewing 17.04.2023; accepted for publication 04.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 88–92.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):88–92 (In Russ.).

Научная статья
УДК 551.583.13.579.4
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_88

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПОГОДОЙ В НИЗКОГОРНОЙ ОБЛАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Бозиева Жанна Чачиевна
Кабардино-Балкарский высокогорный государственный природный заповедник,
Кашхатау, Кабардино-Балкария, Россия
zhanna_bozieva@mail.ru

Аннотация. В XXI в. в России назрела острая необходимость в решении таких вопросов, как получение объективных оценок характера климатических изменений, оценки и прогнозирования дальнейшего его процесса на локальной территории. На фоне изменения климатических условий на планете наблюдаются следующие процессы: повсеместное отступление неполярных ледников, повышение уровня моря и аккумулятивное тепла океанами, а также уменьшение снежного покрова и сокращение масштабов ледяного покрова и его толщины, изменение в высокогорных экосистемах, в режиме выпадения осадков. В связи с этим необходимо проводить постоянный мониторинг климатических изменений и, по возможности, их прогнозирование, т. к., несмотря на научно-технический прогресс, прогнозирование метеорологической обстановки, особенно в горах, является малоизученной областью. В связи с этим в данной работе нами была поставлена задача прогнозирования среднегодовой температуры приземного воздуха на 2023 г. на основании данных этого показателя с 2010 по 2022 г. в Верхней Балкарии (в. н. у. м. — 1 049 м).

Ключевые слова: Верхняя Балкария, прогнозирование, температура приземного воздуха, климат, метеорология, метеопункт, данные, среднегодовые температуры воздуха, максимум температуры, минимум температуры, суточный ход температуры, направление ветра

Для цитирования: Бозиева Ж. Ч. Наблюдения за погодой в низкогорной области Северного Кавказа // *Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 88–92.*
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_88.

WEATHER OBSERVATIONS IN THE LOW MOUNTAIN REGION NORTH CAUCASUS

Zhanna Ch. Bozieva
Kabardino-Balkarian Highland State Nature Reserve, Kaskhatau, Kabardino-Balkaria, Russia
zhanna_bozieva@mail.ru

Abstract. In the XXI century, there is an urgent need in Russia to solve such issues as obtaining objective assessments of the nature of climate change, assessing and predicting its further process on the local territory. Against the background of changing climatic conditions on the planet, the following processes are observed: widespread retreat of non-polar glaciers, sea level rise and heat accumulation by the oceans, as well as a decrease in snow cover and a reduction in the extent of ice cover and its thickness, changes in high-altitude ecosystems, in the precipitation regime. In this regard, it is necessary to constantly monitor climate changes and, if possible, predict them, since, despite scientific and technological progress, forecasting the meteorological situation, especially in the mountains, is a little-studied area. In this regard, in this work we have set the task of forecasting the average annual surface air temperature for 2023 based on the data of this indicator from 2010 to 2022 in Upper Balkaria (v. n. u. m. 1 049 m).

Keywords: Upper Balkaria, forecasting, surface air temperature, climate, meteorology, weather station, data, average annual air temperatures, maximum temperature, minimum temperature, daily temperature course, wind direction

For citation: Bozieva Zh. Ch. Weather observations in the low mountain region North Caucasus. *Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):88–92 (In Russ.).* С. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_88.

Введение

Факт глобального потепления климата не вызывает сомнений: глобальное повышение температуры воздуха и океана, сокращение площади морского льда, повышение уровня моря очевидны.

Климатическая система Земли, под которой обычно понимают пять взаимодействующих друг с другом компонентов: атмосферу, гидросферу, криосферу, деятельный слой суши и биосферу, — никогда не находится в состоянии равновесия. Она непрерывно меняется даже в отсутствии изменений во внешних воздействиях.

По данным высотного зондирования атмосферы, во второй половине XX в. наблюдалось повышение температуры тропосферы и её понижение в стратосфере, что отразилось в увеличении высоты тропопаузы. Результаты статистического анализа показывают, что основными факторами, вызвавшими эти изменения, были увеличение концентрации парниковых газов и уменьшение концентрации стратосферного озона.

Данные наблюдений за температурой приземного воздуха показывают, что потепление климата обнаруживается в большинстве районов РФ во второй половине XX в.

Увеличение температуры воздуха на территории России за последние сто лет в среднем в полтора – два раза превысило глобальное потепление. При этом по сравнению со столетним трендом в последнее десятилетие скорость потепления на территории России больше в несколько раз. Наибольшее потепление в это время наблюдалось на северо-западе ЕТР, юге Западной Сибири, Северном Кавказе [4].

Ранее мы сравнивали средние показатели температуры приземного воздуха за период с 2010 по 2020 г. на двух метеопунктах, расположенных в Кабардино-Балкарском высокогорном заповеднике: метеопункт «Верхняя Балкария» (1 049 м н. у. м.) и метеопункт «Безенги» (1 700 м н. у. м.) [1].

На основании имеющихся у нас данных среднегодовых температур приземного воздуха за 2010–2022 гг. нами была поставлена задача сделать прогноз на среднегодовую температуру приземного воздуха в 2023 г. на территории Верхне-Балкарского ущелья (в. н. у. м. — 1 049 м), чтобы понять в дальнейшем, работает ли метод прогнозирования среднегодовой температуры воздуха и можно ли его применять на практике.

Так как в Верхней Балкарии температура приземного воздуха измерялась дважды в сутки: в 06.00 и 18.00 ч, — то, исходя из этих данных, можно сказать, что обычно максимум температуры воздуха приходится на 18.00 ч, а минимум — на 06.00 ч. Суточный ход температуры воздуха обусловлен суточным вращением Земли и зависит прежде всего от баланса приходящей солнечной радиации на земную поверхность. Суточный максимум температуры достигается не одновременно с наступлением максимума приходящей радиации, поскольку воздух должен получить тепло от нагретой земной поверхности посредством теплопроводности, турбулентности и конвекции [2].

На суточный ход температуры воздуха влияют различные факторы, например преобладающее направление ветра. Во взятой нами местности преобладают ветра западного и юго-западного направлений, средняя скорость составляет 4 м/с. Бароклинная неустойчивость в зоне полярного фронта становится причиной формирования средиземноморских и черноморских циклонов, хотя их повторяемость и интенсивность в летние месяцы ниже, чем в зимние. [3]

Основными факторами, которые необходимо учитывать при прогнозе температуры приземного воздуха являются:

- перенос воздуха в горизонтальном направлении (адекватные изменения);
- изменение свойств воздушной массы при её перемещении над неоднородной подстилающей поверхностью, в различных радиационных условиях (трансформационные изменения);
- изменение теплообмена с подстилающей поверхностью в течение суток (изменения температуры за счет суточного хода).

Существуют определённые методы учёта этих факторов [2].

Научная новизна работы состоит в том, что ранее на Северном Кавказе такого рода исследования не проводились.

Актуальность данного исследования очевидна: среднегодовая температура приземного воздуха для метеопункта Верхняя Балкария является характеристикой года, на основании которой мы можем спрогнозировать примерный вегетационный период, погоду в наступающем году, что важно для развития флоры и фауны, а также экологического просвещения населения и развития экологического туризма в направлении работы заповедника.

Материалы и методы

Измерение температуры приземного воздуха проводилось лаборантом высокогорного заповедника Р. Р. Туменовым дважды в сутки (в 06.00 и 18.00 ч), стандартным методом гидрометцентра (ртутным термометром). Также измерялась сумма выпавших осадков. Ежедневные данные математически обрабатывались, вычислялись среднедекадные, среднemesячные, среднегодовые значения температуры приземного воздуха.

Методика расчёта

Для расчёта показателей динамики на постоянной базе каждый уровень ряда сравнивается с одним и тем же базисным уровнем. Исчисляемые при этом показатели называются базисными.

Для расчёта показателей динамики на переменной базе каждый последующий уровень ряда сравнивается с предыдущим. Вычисленные таким способом показатели динамики называются цепными.

Важнейшим статистическим показателем динамики является абсолютный прирост, который определяется в разностном сопоставлении двух уровней ряда динамики в единицах измерения исходной информации.

Абсолютный прирост:

- цепной прирост:

$$\Delta y_{ц} = y_i - y_{i-1};$$

- базисный прирост:

$$\Delta y_{б} = y_i - y_1.$$

Темпы прироста характеризуют абсолютный прирост в относительных величинах. Темп прироста, исчисленный в процентах, показывает, насколько изменился сравниваемый уровень с уровнем, принятым за базу сравнения.

Темп прироста:

- цепной темп прироста:

$$T_{прц} = \Delta y_i / y_{i-1};$$

- базисный темп прироста:

$$T_{прб} = \Delta y_{бi} / y_1.$$

Распространённым статистическим показателем динамики является темп роста. Он характеризует отношение двух уровней ряда и может выражаться в виде коэффициента или в процентах.

Темп роста:

- цепной темп роста:

$$T_{рц} = y_i / y_{i-1};$$

- базисный темп роста:

$$T_{рб} = y_{бi} / y_1.$$

Абсолютное значение 1 % прироста:

- цепной:

$$1\%_{цi} = y_{i-1} / 100 \%;$$

- базисный:

$$1\%_{б} = y_{б} / 100 \%.$$

Темп наращивания. Важным статистическим показателем динамики погодных процессов является темп наращивания, который в условиях глобального потепления измеряет наращивание во времени температуры приземного воздуха:

$$T_{н} = \Delta y_{цi} / y_1.$$

Таблица 1 — Цепные показатели ряда динамики

Период	Среднегодовая температура приземного воздуха, °С	Абсолютный прирост	Темп прироста, %	Темпы роста, %	Абсолютное содержание 1 % прироста	Темп наращивания, %
2010	11,9	—	—	100	—	0
2011	8,9	-3	-25,21	74,79	0,119	-25,21
2012	10,5	1,6	17,98	117,98	0,089	13,45
2013	11,3	0,8	7,62	107,62	0,105	6,72
2014	10,8	-0,5	-4,42	95,58	0,113	-4,2
2015	11,3	0,5	4,63	104,63	0,108	4,2
2016	10,3	-1,0	-8,85	91,15	0,113	-8,4
2017	10,5	0,2	1,94	101,94	0,103	1,68
2018	13,8	3,3	31,43	131,43	0,105	27,73
2019	13,6	-0,2	-1,45	98,55	0,138	-1,68
2020	13,5	-0,1	-0,74	99,26	0,136	-0,84
2021	13,4	-0,1	-0,74	99,26	0,135	-0,84
2022	12,8	-0,6	-4,48	95,52	0,134	-5,04
Итого	152,6					

В 2022 г. по сравнению с 2021 г. среднегодовая температура приземного воздуха уменьшилась на 0,6 °С, или на 4,5 %.

Максимальный прирост наблюдается в 2018 г. — 3,3 °С.

Минимальный прирост зафиксирован в 2011 г. — минус 3 °С.

Темп наращивания указывает на убывающую тенденцию ряда, что свидетельствует о замедлении прироста среднегодовой температуры приземного воздуха.

Таблица 2 — Базисные показатели ряда динамики

Период	Среднегодовая температура приземного воздуха, °С	Абсолютный прирост	Темп прироста, %	Темпы роста, %
2010	11,9	—	—	100
2011	8,9	-3	-25,21	74,79
2012	10,5	-1,4	-11,76	88,24
2013	11,3	-0,6	-5,04	94,96
2014	10,8	-1,1	-9,24	90,76
2015	11,3	-0,6	-5,04	94,96
2016	10,3	-1,6	-13,45	86,55
2017	10,5	-1,4	-11,76	88,24
2018	13,8	1,9	15,97	115,97
2019	13,6	1,7	14,29	114,29
2020	13,5	1,6	13,45	113,45
2021	13,4	1,5	12,61	112,61
2022	12,8	0,9	7,56	107,56
Итого	152,6			

В 2022 г., по сравнению с 2010 г., среднегодовая температура приземного воздуха увеличилась на 0,9 °С, или на 7,6 %.

Таблица 3 — Сводная таблица

Год	Среднегодовая температура приземного воздуха, °С	Абсолютный прирост		Темп роста, %		Темп прироста, %		Абсолютное содержание 1 % прироста
		цепной	базисный	цепной	базисный	цепной	базисный	
2010	11,9	—	—	100	100	—	—	—
2011	8,9	-3,0	-3	74,79	74,79	-25,21	-25,21	0,119
2012	10,5	1,6	-1,4	117,98	88,24	17,98	-11,76	0,089
2013	11,3	0,8	-0,6	107,62	94,96	7,62	-5,04	0,105
2014	10,8	-0,5	-1,1	95,58	90,76	-4,42	-9,24	0,113
2015	11,3	0,5	-0,6	104,63	94,96	4,63	-5,04	0,108
2016	10,3	-1	-1,6	91,15	86,55	-8,85	-13,45	0,113
2017	10,5	0,2	-1,4	101,94	88,24	1,94	-11,76	0,103
2018	13,8	3,3	1,9	131,43	115,97	31,43	15,97	0,105
2019	13,6	-0,2	1,7	98,55	114,29	-1,45	14,29	0,138
2020	13,5	-0,1	1,6	99,26	113,45	-0,74	13,45	0,136
2021	13,4	-0,1	1,5	99,26	112,61	-0,74	12,61	0,135
2022	12,8	-0,6	0,9	95,52	107,56	-4,48	7,56	0,134

Расчёт средних характеристик рядов

Средний уровень ряда у динамики характеризует типическую величину абсолютных уровней.

Средний уровень интервального ряда рассчитывается по формуле:

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n},$$

$$\bar{y} = \frac{152,6}{13} = 11,74.$$

Среднее значение среднегодовой температуры приземного воздуха с 2010 по 2022 г. составило 11,74 °С.

Средний темп роста:

$$\bar{T}_p = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}},$$

$$\bar{T}_p = \sqrt[12]{\frac{12,8}{11,9}} = 1,0061.$$

В среднем за весь период рост анализируемого показателя составил 1,0061.

Средний темп прироста:

$$\bar{T}_{np} = \bar{T}_p - 1,$$

$$\bar{T}_{np} = 1,0061 - 1 = 0,0061.$$

В среднем среднегодовая температура приземного воздуха ежегодно увеличивалась на 0,6 %.

Средний абсолютный прирост представляет собой обобщённую характеристику индивидуальных абсолютных приростов ряда динамики.

Средний абсолютный прирост:

$$\overline{dy} = \frac{y_n - y_1}{n - 1},$$
$$\overline{dy} = \frac{12,8 - 11,9}{12} = 0,075^\circ\text{C}.$$

С каждым годом среднегодовая температура приземного воздуха в среднем увеличивалось на 0,075 °С.

Выполним прогноз на 1 шаг вперед, используя показатель среднего темпа роста.

$$y(14) = 12,8 \cdot 1,0061 = 12,88^\circ\text{C}$$

— прогнозируемое значение для среднегодовой температуры приземного воздуха в 2023 г.

Выводы:

1. Таким образом, исходя из наших данных, наблюдается замедление темпа прироста среднегодовой температуры приземного воздуха на участке Верхняя Балкария (1049 м н. у. м.).

2. Прогнозируемое значение среднегодовой температуры приземного воздуха на 2023 г. составляет 12,88 °С.

Список литературы

1. Бозиева Ж. Ч. Мониторинг температуры приземного воздуха в Кабардино-Балкарском государственном высокогорном заповеднике // Мониторинг состояния природных комплексов и многолетние исследования на особо охраняемых природных территориях. Шушенский: Саяно-Шушенский биосферный заповедник, 2021. Вып. 5. С. 56–60.
2. Дашко Н. А. Курс лекций по синоптической метеорологии. Владивосток: Дальневосточный гос. ун-т, 2005. Т. 1. 257 с.
3. Ледники и климат Эльбруса / отв. ред. В. Н. Михаленко. Москва; Санкт-Петербург: Нестор-История, 2020. 372 с.
4. Мелешко В. П. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории РФ. Москва, 2008. Т. 1: Изменения климата. 133 с.

References

1. Bozieva Zh. Ch. Monitoring of surface air temperature in the Kabardino-Balkarian State High-altitude Reserve. *Monitoring of the state of natural complexes and long-term research in specially protected natural territories*. Shushenski: Sayano-Shushensky Biosphere Reserve; 2021;5:56–60 (In Russ.).
2. Dashko N. A. *A course of lectures on synoptic meteorology*. Vladivostok: Far Eastern State University; 2005:257 (In Russ.).
3. *Glaciers and climate of Elbrus*. Ed. by V. N. Mikhailenko. Moscow, St. Petersburg: Nestor-History; 2020:372 (In Russ.).
4. Meleshko V. P. *Assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation*. Moscow: 2008;1:133 (In Russ.).

Информация об авторах

Бозиева Ж. Ч. — научный сотрудник.

Information about the authors

Bozieva Zh. Ch. — Researcher.

Статья поступила в редакцию 14.02.2023; одобрена после рецензирования 15.03.2023; принята к публикации 19.04.2023.

The article was submitted 14.02.2023; approved after reviewing 15.03.2023; accepted for publication 19.04.2023.

Научная статья

УДК 911

https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_93

АБРИС МАМОНТОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА В СВЕТЕ ЭОЛОВОЙ ВЕРСИИ ГЕНЕЗИСА ЕДОМ

Левыкин Сергей Вячеславович¹✉, Казачков Григорий Викторович²

^{1,2} Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия

¹ stepevedy@yandex.ru✉

² tsvikaz@yandex.ru

Аннотация. В общих чертах построено представление о пастбищных позднеплейстоценовых ландшафтах на поверхности лёссово-ледовых формаций (едомы). Используются материалы собственных и ранее опубликованных исследований едом, дополненные собственным опытом изучения степей и совокупностью достижений современного степеведения. На основе эоловой версии генезиса едом предложены усовершенствованные представления о механизмах формирования высоко продуктивных пастбищных ландшафтов на их поверхности способных поддерживать мамонтовую мегафауну. Предложено объяснение разнообразию пищевых ниш травоядных; показано принципиальное значение растительности степного типа и мамонтовой мегафауны в генезисе едом.

Ключевые слова: мамонтовая фауна, криоаридные травянистые степи, едома, ледовый комплекс, Центральная Арктика, поздний плейстоцен

Для цитирования: Левыкин С. В., Казачков Г. В. Абрис мамонтовых ландшафтов позднего плейстоцена в свете эоловой версии генезиса едом // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 93–100. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_93.

Благодарности: авторы выражают благодарность Русскому географическому обществу за поддержку в проведении экспедиционных исследований. Работа выполнена по теме фундаментальных научных исследований Института степи УрО РАН № АААА-А21-121011190016-1.

ABRIS OF LATE PLEISTOCENE MAMMOTH LANDSCAPES IN THE LIGHT OF THE AEOLIAN VERSION OF THE YEDOMA GENESIS

Sergey V. Levykin¹✉, Grigoriy V. Kazachkov²

^{1,2} The Institute of Steppe of The Urals Branch of RAS, Orenburg, Russia

¹ stepevedy@yandex.ru✉

² tsvikaz@yandex.ru

Abstract. An abris of pastoral Late Pleistocene landscapes on the surface of loess-ice formations known as yedoma. The materials of our studies, as well as published papers concerning yedoma, were used. They were added by our own experience in studying the steppes and the totality of achievements of modern steppe science. Some improved ideas of formation highly productive pastoral landscapes supporting mammoth megafauna on the yedoma's surface have been proposed on the aeolian version of the yedoma genesis. The variety of food niches of herbivores was explained; the fundamental importance of steppe-type vegetation and mammoth megafauna in the genesis of yedoma was revealed.

Keywords: mammoth fauna, cryoarid grassland, yedoma, ice complex, Central Arctic, Late Pleistocene

For citation: Levykin S. V., Kazachkov G. V. Abris of Late Pleistocene mammoth landscapes in the light of the aeolian version of the yedoma genesis. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):93–100 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_93.

Acknowledgments: the authors express their gratitude to the Russian Geographical Society for its support in conducting expedition research. The work was carried out on the topic of fundamental scientific research of the Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences No. ААААА21-121011190016-1.

В минувшем десятилетии в связи с «лёссовым вопросом» происхождения литогенной основы чернозёмов — почв типичных степей — развился степеведческий интерес к центрально-арктическому ледовому комплексу (он же лёссово-ледовая формация, он же едома) позднего плейстоцена, из которого известны многочисленные находки степной мамонтовой фауны. В попытке разрешить тройственную загадку генезиса едомы, лёсса и чернозёмов в 2011–2013 гг. российские степеведы приняли активное участие в комплексных экспедициях на Новосибирские

острова, организованных и проведённых Русским географическим обществом. В 2014 г. проведены полевые географические исследования Батагайского провала в Верхоянском районе Якутии. Данные, собранные в ходе этих экспедиций, позволили дополнить существующие представления о генезисе ледового комплекса и ландшафтах на его поверхности в позднем плейстоцене. Далее для упрощения изложения называем ледовый комплекс «едома».

Общая схема едомы может быть представлена как толща повторно-жильного льда с вертикальной слоистостью, армированная регулярно распределёнными вертикальными столбами мёрзлого грунта, главным образом лёсса, с горизонтальной слоистостью и перекрытая слоем грунта мощностью менее одного метра образующим дневную поверхность. В горизонтальной проекции ледяные жилы образуют полигональную сеть со стороной порядка 10 м, в ячейках которой располагаются грунтовые столбы (рис.).

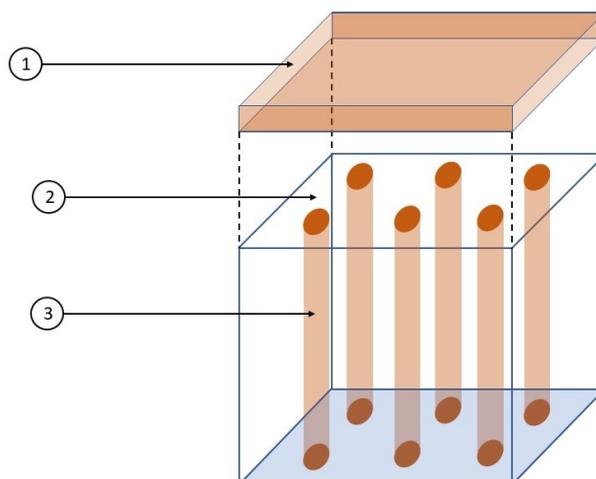


Рисунок — Общая схема едомы: 1 — перекрывающий слой грунта; 2 — толща повторно-жильного льда; 3 — столб грунта

Характерной чертой едомы является содержание останков представителей позднплейстоценовой мамонтовой фауны в грунтовых столбах. Самыми манифестными являются останки крупных животных, в т. ч. мамонта — главного титула этого фаунистического комплекса. Большая часть останков костные, но встречаются части туш, редко — целые туши.

Едомы, обследованные в ходе серии экспедиций РГО «Новосибирские острова» 2011–2013 гг., относятся к арктическому типу, характеризующемуся наибольшей льдистостью (объёмная доля льда 80–90 % и выше). На морском побережье Якутии, включая Новосибирские острова, содержание останков мамонтовой фауны настолько велико, что поддерживает промышленные заготовки, в первую очередь бивня мамонта, в местах постепенного разрушения едом под действием природных процессов.

Береговые разрезы едом стали первым местом знакомства с ними для русских землепроходцев XVII–XVIII вв. Ледяные обрывы с грунтовыми столбами и массой костей степного «скота» вызвали недоумение. Для степеведения вопрос о кормовой базе мамонтовой мегафауны и среде её обитания является принципиальным. Как в высоких широтах, где в современную эпоху растительность едва поддерживает северного оленя и не во много более крупного овцебыка, могли процветать такие травоядные гиганты, как шерстистый мамонт и позднплейстоценовый бизон *bison priscus*? Как там мог существовать и развивать гигантские размеры своих представителей фаунистический комплекс, основу которого составляли такие типично степные пастбищные животные лошади и бизоны? NB: в англоязычной литературе позднплейстоценовый бизон этого комплекса называется “steppebison”, т. е. «степной бизон».

В качестве возможных основ для построения научной картины палеоландшафтов на едомах в эпоху их формирования были рассмотрены различные водные [2; 3; 8] и эоловая [9–12] версии их генезиса. Для степеведения принципиально то, что мамонтовая фауна включала в себя широкий спектр пастбищных травоядных и по своему составу была типично степной. В неё входили, в том числе верблюд и сайгак, обитание которых в гумидных ландшафтах немыслимо. Поэтому степеведение не может принять водные версии как предполагающие гумидный ландшафт позднего на позднплейстоценовой едомной поверхности, какие бы стройные объяснения строению геологического едомного тела они ни давали. Нами за основу была принята эоловая

версия как дающая наилучшее объяснение процветания мамонтовой фауны на поверхности едом в процессе их генезиса. В то же время нами были несколько скорректированы ранее предложенные в рамках эоловой версии представления об условиях генезиса едом и его механизмах (по С. В. Томирдиаро [9–12] и В. В. Колпакову [5; 6]).

Так как материалом для наших реконструкций послужили главным образом результаты, полученные на Новосибирских островах и ближайшем к нему континентальном побережье, мы, несмотря на указания на гиперзональное распространение едом в позднем плейстоцене, распространяем наши представления о позднплейстоценовых ландшафтах только на приморские равнины Центральной Арктики и прилежащую к ним часть шельфа бывшую сушей в эпоху роста едом. В то же время распределение мест находок останков мамонтовой фауны, относящихся к эпохе генезиса едом, от Франции до Аляски обязывает признать гиперзональным ареал этой фауны в ту эпоху. Отсюда вытекает принципиальное для степеведения положение: степеподобные ландшафты (пусть лишь отчасти на едомной поверхности!) в ту эпоху имели гиперзональное распространение.

В основе эоловой версии С. В. Томирдиаро лежит представление о перманентном циркумполярном антициклоне аналогичном антарктическому, но в ледниковые эпохи проходившем только над сушей и замёрзшими акваториями. По этой причине воздух антициклона был сухим, а на всей области его распространения устанавливался климат со следующими основными характеристиками:

- 1) круглогодичные ураганные ветра восточного и северо-восточного румбов;
- 2) круглогодично ясное небо;
- 3) крайне низкая влажность воздуха круглый год;
- 4) среднегодовое количество водных осадков сопоставимо с таковым в современных внутриконтинентальных пустынях или меньше при практически полном отсутствии водных осадков в безморозный сезон;
- 5) среднегодовая испаряемость и испаряемость в безморозный сезон сопоставимы с таковой летом в современных внутриконтинентальных пустынях;
- 6) крайне низкие зимние температуры воздуха, оценочно вплоть до минус 100 °С;
- 7) (наше допущение) тёмные не экранированные от солнца твёрдые поверхности летом нагревались до температур сопоставимых с точкой кипения воды. Далее этот криоаридный климат называем «томирдиаровский».

Сочетание ураганных ветров и обнажённого грунта, в т. ч. зимой из-за отсутствия снега, создавало высокий эрозионный потенциал, который увеличивался поступлением в воздух вулканогенных частиц, выраженные абразивные свойства которых известны. Ветровая эрозия поставила в воздух антициклона мелкодисперсную пыль, которая всасывалась в антициклоническую воронку и распределялась отсюда приземными стоковыми ветрами. Осаждение этой пыли из стоковых ветров было одним из процессов формировавших едому.

Территорию мамонтовых степей на едомной основе, существовавшую при таких условиях, С. В. Томирдиаро называл «Арктида», мы же во избежание путаницы далее называем её «Степная Арктида».

Процесс роста едом при томирдиаровском климате описан В. В. Колпаковым [5; 6]. Согласно описанию этого автора, на формирующейся едоме действовал саморегулирующийся механизм с отрицательной обратной связью, синхронизировавший вертикальный рост ледяных жил и грунтовых столбов в широком диапазоне соотношения накоплений льда и грунта. В источнике не дано название этого механизма, мы для удобства дальнейшего изложения называем его «синхронизатор» и употребляем это же название для механизма синхронизации роста ледяных жил и грунтовых столбов согласно нашим представлениям.

Исходная сеть морозобойных трещин задавала, а синхронизатор поддерживал на поверхности своеобразный микрорельеф — сеть полигонов с разросшимися границами в форме широких валиков над ледяными жилами и центральными падьнами над грунтовыми столбами [5; 6]. Такой микрорельеф, не имеющий в наши дни прямых аналогов и названный в источниках полигонально-валиковым, мы рассматриваем как полигонально-падинно-валиковый. Его пластика напоминала и современную полигональную тундру, развившуюся на месте растаявших едом, и прикаспийский полупустынный трёхчленник. На виде сверху это было похоже на вафельное полотенце с несоразмерно расширенными границами между ячейками, поглотившими большую часть пространства самих ячеек. Расширенные границы образовывали сеть валиков шириной 8–10 м, ячейки представляли собой округлые падьны диаметром 1–3 м, со всех сторон огороженные пологими валиками. На вертикальном срезе этот микрорельеф напоминал пологую волну.

Далее излагается эоловая версия генезиса едом на основе работ С. В. Томирдиаро [9–12] и В. В. Колпакова [5; 6] с нашими уточнениями, разработанными на основе совокупности достижений современного степеведения и собственного опыта изучения степей. Как и версия названных авторов, наши уточнения касаются только ровных поверхностей, сложенных мелкозёмом.

Движущими силами роста едом выступали три попеременно сменяющих друг друга сезонных процесса: раскрытие морозобойных трещин, осеннее осаждение конденсата в трещинах, весенняя борьба грунта и льда за пространство в ходе смыкания трещин. Осаждение грунта движущей силой не было, оно подчинялось этим двум процессам и биогенным факторам, которые будут рассмотрены далее. В этой связи были выделены: 1) сезон осаждения конденсата — грунтовая осень, когда грунт в трещинах холоднее воздуха, и рассмотрены её условия; 2) сезон интенсивного температурного сжатия морозобойных блоков — грунтовая весна, и рассмотрена борьба грунта и льда за пространство, в ходе которой мёрзлый грунт теснил лёд, а лёд теснил талый грунт и осуществлял ежегодный прирост ледяной жилы в её верхней части. В свете этой борьбы наибольшее значение имели слой грунта, протаивающий уже грунтовой водой, — активный слой, и часть ледяной жилы, лежащая на глубинах активного слоя, — активная зона.

Началом едомного процесса послужило формирование ледяных жил в морозобойных трещинах при полностью свободной от растительности поверхности либо бывшего морского дна, либо на месте термохронных растительных сообществ заведомо не выдержавших томирдиаровский климат. В отсутствие растительного покрова такая поверхность подвергалась интенсивной ветровой эрозии, которая продолжалась бы до самого голоцена если бы не растительность степного типа.

При томирдиаровском климате практически единственным возможным источником воды для растений было подтаивание ледяных жил за безморозный сезон. По этой причине растения остро конкурировали за пространство на контакте деятельного слоя грунта с жилами, в которое поступала талая вода. Конкуренция имела два следствия. Первое — практически полный перехват талой воды корнями растений, которые таким образом получали водное питание под землёй непосредственно от источника без потерь на сток и испарение, и потому могли эффективно снабжаться водой при среднегодовом количестве осадков на порядок меньше, чем в современной степной зоне Евразии. Второе — распределение растительности по дневной поверхности в виде степных полос над ледяными жилами, которые соединялись в сплошную сеть и тем самым прекращали площадную ветровую эрозию. Здесь же отметим, что с появлением степных полос ландшафт уже стал пастбищным, причём продуктивным, о чём будет сказано ниже.

С появлением сети степных полос ветер мог не более чем вырывать в полигонах падины. Это ещё до появления едомы быстро возвысило края морозобойных полигонов над их центрами, а сами полигоны превратило в водосборные микробассейны окружённые под землёй вертикальными стенами из ледяных жил. Так, ещё до появления едомы развился полигонально-падинно-валиковый микрорельеф, а морозобойные полигоны превратились в морозобойно-эрозионные, не меняя при том своих очертаний. Вкупе с томирдиаровским климатом и перехватом талой воды корнями растений это делало невозможным как поверхностный, так и подземный сток из полигона в полигон, поэтому Степная Арктида не была водосборной площадью. Там могли существовать только те водотоки, которые втекали туда извне, анепроточные водоёмы могли существовать на питании от водотоков. Ниже будет показано, как это влияло на водопой пастбищной мамонтовой фауны.

С появлением сети степных полос зональным ландшафтом Степной Арктиды стала открытая равнина с полигонально-падинно-валиковым микрорельефом, покрытая сетью степных полос и с пасущейся мамонтовой фауной. То есть пастбищный травяной ландшафт на полигонально-падинно-валиковой поверхности стал в Степной Арктиде зональным ещё прежде появления едомы.

Основными экологическими функциями растительности степного типа были: 1) поддержка мамонтовой фауны, 2) экранирование грунта от солнечной радиации, 3) защита грунта от ветровой эрозии, 4) улавливание грунтовых осадков. Основными экологическими функциями мамонтовой фауны были: 1) участие в закреплении грунтовых осадков в ландшафте, 2) стравливание растительности, 3) роющая деятельность. Вкупе с процессами ежегодного прироста ледяных жил, выполнение всех этих функций растительностью и мамонтовой фауной определяло как законы функционирования степи в Степной Арктиде, так и развитие едомы. В своих представлениях мы исходим из того, что едома как геологическое тело является таким же продуктом пастбищного ландшафта Степной Арктиды, как и содержащиеся в ней останки мамонтовой фауны.

Растительности степного типа свойственно развивать высокое общее проективное покрытие. В Степной Арктиде загущению растительности над ледяными жилами способствовала острая конкуренция за дневную поверхность над ними, откуда наиболее доступен практически

единственный источник воды в ландшафте. Развивая высокое общее проективное покрытие над ледяными жилами, растительность экранировала грунт над ними от солнечной радиации — его практически единственного нагревателя в Степной Арктиде (жидких водных осадков нет, воздух сухой). Меньше нагревание грунта над жилой — меньше интенсивность её подтаивания — хуже водоснабжение растительности от этой жилы. Так развивалась специфическая особенность травянистых ландшафтов на водном питании от ледяных жил: растительность ухудшала условия своего водоснабжения в процессе собственной вегетации. Это обстоятельство делало регулярное стравливание ещё более принципиальным условием процветания растительности, чем оно является таковым в любых современных травянистых ландшафтах.

Регулярно стравливая растительность, мамонтовая фауна не только питалась сама, но и способствовала продолжению вегетации стравливаемой ею растительности, т. е. продуктивности пастбищ. При регулярном стравливании вегетация продолжалась на протяжении всего безморозного сезона (т. е. намного дольше, чем в любом современном голарктическом травянистом ландшафте), а растительность всё это время пользовалась не только достаточным водным питанием от ледяных жил, но и интенсивной инсоляцией полярного дня, и минеральными ресурсами лёссовых осадков, регулярно поступающих в Степную Арктиду из воздуха. К этому необходимо добавить, что жилы залегают на гораздо меньшей глубине, чем подземная вода под современными степями, что разрешало растительности более высокую долю надземной фитомассы, чем в современных степях. Перечисленные обстоятельства позволяли растительности Степной Арктиды развить принципиально большую продуктивность по надземной фитомассе, чем это возможно для растительности любых современных голарктических травянистых ландшафтов, а ряду представителей фауны развить более крупные размеры по сравнению с современными экологическими аналогами.

Из критической важности регулярного стравливания для водного питания растений следует проблема древесно-кустарниковой растительности в Степной Арктиде. Древесная растительность, особенно группируясь в леса с сомкнутыми кронами, эффективно экранирует грунт от солнечных лучей, его единственного нагревателя в ландшафте, а значит препятствует подтаиванию ледяных жил под собой и собственному водоснабжению от них. В том же положении оказались бы заросли кустарника. Иного источника влаги кроме подтаивания ледяных жил в Степной Арктиде практически не существовало (редкие азональные приречные и приозёрные территории здесь не рассматриваем). Сама по себе эта проблема, разумеется, не доказывает полного отсутствия древесной и кустарниковой растительности, но она со всей очевидностью ставила древесную и кустарниковую растительность в невыгодное положение по отношению к регулярно стравливаемой травянистой и практически запрещала леса и заросли с сомкнутыми кронами. Полагаем, что существование в Степной Арктиде тёмнохвойной тайги делалось невозможным, а более светлые леса, где летом земля могла бы хоть как-то нагреваться, ставились на грань возможности существования.

Из опыта степеведения известно, что степной растительности свойственно эффективно улавливать пыль. Однако пылевым частицам мало осесть на растительной поверхности, чтобы интегрироваться в грунт, для этого нужны дополнительные агенты. В Степной Арктиде таким агентом выступали мамонтовая фауна, регулярно поедавшая растительность, и система переработки навоза, существующая в любом травянистом ландшафте. В конечном счёте, в грунт интегрировались пылевые частицы поступившие на его поверхность с навозом. В отсутствие мамонтовой фауны и системы переработки навоза интеграция пылевых частиц в грунт была бы крайне замедлена вплоть до полной невозможности, во всяком случае, при сильных ветрах томирдиаровского климата. Поэтому если поступление пылевых частиц превышало возможности рассмотренной выше последовательности агентов их уловления и интеграции в грунт, то не интегрированные излишки уносились ветром за пределы Степной Арктиды.

Как было сказано выше, в Степной Арктиде могли существовать только те реки, которые втекали туда извне и только озёра на питании речной водой. Речная сеть могла быть только слабо развитой, озёра — редкими, жидкие подземные воды — только приуроченными к поймам рек и озёр. Поэтому большая часть пастбищ Степной Арктиды оказывалась настолько удалённой от рек, что они не могли служить водопоем пасущимся травоядным (за исключением разве что верблюдов). Аналогичным водопойным потенциалом обладали и озёра с тем дополнительным осложнением, что, питаясь только речной водой и постоянно испаряя её, они постепенно, но неизбежно превращались в горько-солёные и теряли водопойное значение. Удалённость большинства пастбищ Степной Арктиды от открытых водоисточников и жидких подземных вод ставила мамонтовую фауну перед необходимостью осваивать подземные ледяные жилы в качестве источника воды. Поскольку у современных слонов общеизвестна роющая деятельность с целью водопоя, предполагаем таковую у родственных им мамонтов.

Очевидно, что вегетация растительности на водном питании от ледяных жил была возможна только тогда, когда прогревался грунт на контакте с ними. Это означает, что во время вегетации растительности в Стеной Арктиде не существовало мёрзлого грунта между дневной поверхностью и ледяными жилами, т. е. мамонтовая фауна была свободна от необходимости рыть мёрзлый грунт ради достижения жилы. Это благоприятствовало роющей деятельности с целью водопоя на пастбищах, сверх того речь идёт о мелкозёмном грунте легко доступном для рытья крупным животным. Целенаправленное рытьё грунта мамонтами должно было приводить к очаговому обнажению ледяных жил, их ускоренному таянию с образованием водопойной воды, а значит и к появлению множества очагов замедленного или даже обращённого вспять роста ледяных жил из-за ускоренной потери воды, возможно не столько на водопой, сколько на испарение. Эти зоогенные очаги действовали впрямь до заполнения ямы грунтом и её зарастания.

Другой вид роющей деятельности, валяние свойственное крупным копытным, должно было сказываться подобным же образом. Валяясь в прерии, современный равнинный бизон может вырыть яму глубиной более полуметра [1], основании чего полагаем, что валяние обитавшего в Степной Арктиде более крупного позднплейстоценового бизона над ледяной жилой вполне могло обнажить её или во всяком случае существенно уменьшить её защиту от прогрева и таяния. Аналогичный, но существенно менее выраженный эффект должно было оказывать кобление (вырывание небольших углублений) известное у сайгака, входившего в мамонтовую фауну [4; 7; 13].

Рассмотрены условия роста ледяных жил, приведшие их к форме и размерам, наблюдаемым на разрезах едом. Рассмотрены отрицательные обратные связи, поддерживавшие определённую мощность грунтового перекрытия ледяных жил. По-новому рассмотрены отрицательные обратные связи, синхронизировавшие вертикальный рост ледяных жил и грунтовых столбов. Во всех этих отрицательных обратных связях принципиальную роль играли растительность степного типа и мамонтовая фауна. В результате действия всех этих механизмов поддерживался полигонально-падинно-валиковый микрорельеф, состоявший из сети морозобойных трещин со стороны полигона порядка 10–15 м, пологих валиков шириной порядка 8–10 м над расширившимися ледяными жилами и округлых падин диаметром до 3 м в ячейках этой сети.

Абрис ландшафтов Степной Арктиды может быть представлен следующим образом. Соответственно объёмной доле ледяных жил в едоме порядка 80–90 %, жилы и валики над ними расширялись настолько, что занимали большую часть поверхности морозобойных полигонов. Зрительно равнина не состояла из валиков и падин, а представляла собой горизонтальную поверхность, испятнанную неглубокими пологими падинами на расстоянии 8–10 м друг от друга.

На валиках произрастала растительность степного типа с высоким общим проективным покрытием, по которой роющая деятельность животных постоянно создавала разбросанные повсюду очаги обнажения ледяных жил. По краям зоогенных углублений (водопойные ямы, валяльные ямы, коблы) ценой временного превосходства потери воды из жил над её накоплением возникали экологические ниши менее ксерофитной растительности вплоть до луговой. В то же время в падинах, куда не достигало водоснабжение от ледяных жил, могла существовать только растительность близкая к пустынной. Так, буквально на одном гектаре развивались экологические ниши широчайшего спектра растительностей от луговой до пустынной и создавались ниши богатейшего набора пастбищных животных, который известен как мамонтовая фауна. Сохранившиеся элементы этого фаунистического комплекса ныне распределены по природным зонам Голарктики от тундровой до пустынной.

Подземное увлажнение растительности продолжалось на протяжении практически всего безморозного сезона, поэтому вегетационный сезон продолжался в несколько раз дольше, чем в любых современных грасландах Голарктики. Этим может объясняться способность растительности поддерживать многочисленную и разнообразную мамонтовую фауну. Высокой продуктивности растительности по надземной массе должна была способствовать незначительная по сравнению с большинством современных грасландов глубина залегания источника воды, что разрешало большую долю надземной фитомассы.

Степная Арктида представляла собой горизонтальную или слабо наклонную пастбищную равнину, её ландшафт был открытым с видимостью полной окружности горизонта. Возможно, с течением времени поверхность равнины осложнялась неглубокими котловинами с пологими склонами там, где роющая деятельность фауны была интенсивнее.

Как только с наступлением весны прогревалась непосредственно дневная поверхность, начиналась вегетация и цветение эфемеров и эфемероидов, наиболее заметных в падинах, где эти группы не подавлялись растительностью степного типа. Аспект эфемеров и эфемероидов быстро исчезал, но как только весеннее прогревание достигало активной зоны ледяных жил начиналась интенсивная вегетация криоксерофитной растительности степного типа на валиках

и по их склонам. Степная Арктида быстро покрывалась зелёным растительным покровом испятнаным почти свободными от растительности падинами.

Вегетирующая растительность экранировала грунт от прямой солнечной радиации и препятствовала таянию жил под нею, поэтому для поддержки водоснабжения растительности, а значит, и вегетации, требовалось регулярное стравливание. На каждом квадратном метре валика над ледяной жилой растительность за один вегетационный сезон могла пройти несколько стравливаний, причём на каждом небольшом участке асинхронно соседним. Это, во-первых, придавало ландшафту разнообразие состояний растительного покрова и, во-вторых, поддерживало высокую продуктивность растительности.

Вегетационный сезон прекращался с наступлением холодов, по ходу чего твёрдая поверхность на какое-то время становилась холоднее воздуха и наступала грунтовая осень. В этот период все твёрдые поверхности покрывались конденсатом и равнина приобретала арктический облик, сохранявшийся до самой весны. Томирдиаровский климат вероятно делал невозможным зимнее обитание млекопитающих, за исключением залегающих в спячку под землёй, таких как берингийский суслик (евражка). Мамонтовая фауна, по всей видимости, откочёвывала из Степной Арктиды на зиму, проблемой её зимнего обитания был водопой, т. к. снегопады отсутствовали и потому иной источник кроме конденсата не представляется возможным.

С началом весны конденсат осевший на дневной поверхности или недостаточно глубоко в трещинах быстро испарялся, часть его поддерживала эфемеры и эфемероиды. Возвращение пастбищной фауны было приурочено к началу вегетационного сезона степной растительности. Ежегодно миллионные стада приходили на нагул в страну, где холодные и сухие ветра ураганной силы сочетались с солнцепёком, укрытия от которого не было. Подставленная под солнечные лучи поверхность живого тела подвергалась сильному нагреву и иссушению, в то время как теневая сторона подвергалась иссушению и охлаждению. Человек, оказавшийся в Степной Арктиде летом, в одно и то же время рисковал подвергнуться солнечному удару, тепловому удару, обморожению конечностей и выступающих частей лица.

Так, в свете золотой версии генезиса едом и достижений современного степеведения получает объяснение процветание в высоких широтах фаунистического комплекса известного как мамонтовая фауна. Краугольный камень процветания этой фауны — высокопродуктивная растительность степного типа на лёссово-ледовой твёрдой основе, существующая при томирдиаровском климате.

Список литературы

1. Gates C. C., Stelfox B., Muhly T., Chowns T., Hudson R. J. The ecology of bison movements and distribution in and beyond Yellowstone National Park. Calgary, Alberta: Faculty of Environmental Design, University of Calgary, 2007. 313 p.
2. Большианов Д. Ю., Макаров А. С. Геоморфологические свидетельства формирования ледового комплекса пород в связи с колебаниями уровня моря Лаптевых // Заповедники Российской Арктики: проблеммы и пути решения. Москва: МПР РФ, ФГУ ГПЗ «Усть-Ленский», 2010. С. 16–19.
3. Гравис Г. Ф. Роль флювиальных процессов в развитии пород ледового комплекса // Криосфера Земли. 1997. Т. 1, № 2. С. 56–59.
4. Жирнов Л. В. Возвращение к жизни: Экология, охрана и использование сайгаков. Москва: Лесная промышленность, 1982. 224 с.
5. Колпаков В. В. Механизм формирования грунтово-ледовых толщ // Известия АН СССР. Серия географическая. 1982. № 4. С. 87–93.
6. Колпаков В. В. Как образовались «гигантские ледяные жилы» // Природа. 1994. № 12. С. 97–102.
7. Полорогие (Bovidae) / А. А. Данилкин. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2005. 550 с. (Млекопитающие России и сопредельных регионов).
8. Попов А. И. Избранные труды и о нём, к 100-летию со дня рождения (1913–2013). Москва: Научный мир, 2013. 535 с.
9. Томирдиаро С. В. Вечная мерзлота и освоение горных стран и низменностей. На примере Магаданской области и Якутской АССР. Магадан: Книжное изд-во, 1972. 174 с.
10. Томирдиаро С. В. Природные процессы и освоение территорий зоны вечной мерзлоты. - Москва: Недра, 1978. 145 с.
11. Томирдиаро С. В. Лёссово-ледовая формация Восточной Сибири в позднем плейстоцене и голоцене. Москва: Наука, 1980. 184 с.
12. Томирдиаро С. В. Останцы растаявшей Арктиды // Природа. 1994. № 3. С. 98–107.
13. Фадеев В. А., Слудский А. А. Сайгак в Казахстане: (Экология, хозяйственное значение). Алмата: Наука, 1982. 160 с.

References

1. Gates C. C., Stelfox B., Muhly T., Chowns T., Hudson R. J. *The ecology of bison movements and distribution in and beyond Yellowstone National Park*. Calgary, Alberta: Faculty of Environmental Design, University of Calgary; 2007:313.
2. Bolshiyarov D. Yu., Makarov A. S. Geomorphological evidence of the formation of the ice complex of rocks in connection with fluctuations in the level of the Laptev Sea. *Reserves of the Russian Arctic: problems and solutions*. Moscow: Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, FGU GPZ "Ust-Lensky"; 2010: 16–19 (In Russ.).
3. Gravis G. F. The role of fluvial processes in the development of rocks of the ice complex. *Cryosphere of the Earth*. 1997;1(2):56–59 (In Russ.).
4. Zhirnov L. V. *Return to Life: Ecology, Conservation and Use of the Saiga*. Moscow: Timber industry; 1982:224 (In Russ.).
5. Kolpakov V. V. Mechanism of formation of ground-ice strata. *Izvestiya of the Academy of Sciences of the USSR. Geographic series*. 1982;4:87–93 (In Russ.).
6. Kolpakov V. V. How "giant ice veins" were formed. *Nature*. 1994;12:97–102 (In Russ.).
7. Danilkin A. A. *Bovids (Bovidae)*. Moscow: partnership of scientific publications of KMK; 2005:550 (Mammals of Russia and adjacent regions) (In Russ.).
8. Popov A. I. *Selected works and about him, to the 100th anniversary of his birth (1913–2013)*. Moscow: Nauchny Mir; 2013:535 (In Russ.).
9. Tomirdiario S. V. *Permafrost and the development of mountainous countries and lowlands. On the example of the Magadan region and the Yakut ASSR*. Magadan: Prince. ed.; 1972:174 (In Russ.).
10. Tomirdiario S. V. *Natural processes and development of territories in the permafrost zone*. Moscow: Nedra; 1978:145 (In Russ.).
11. Tomirdiario S. V. *Loess-ice formation of Eastern Siberia in the late Pleistocene and Holocene*. Moscow: Nauka; 1980:184 (In Russ.).
12. Tomirdiario S. V. Remains of melted Arctida. *Nature*. 1994;3:98–107 (In Russ.).
13. Fadeev V. A., Sludsky A. A. *Saiga in Kazakhstan: (Ecology, economic importance)*. Alma-Ata: Science; 1982:160 (In Russ.).

Информация об авторах

Левыкин С. В. — доктор географических наук, профессор РАН, заведующий отделом;
Казачков Г. В. — кандидат биологических наук, научный сотрудник.

Information about the authors

Levykin S. V. — Doctor of Sciences (Geographical), RAS Professor, Department Head;
Kazachkov G. V. — Candidate of Sciences (Biological), 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 05.04.2023; одобрена после рецензирования 24.04.2023; принята к публикации 15.05.2023.

The article was submitted 05.04.2023; approved after reviewing 24.04.2023; accepted for publication 15.05.2023.

Научная статья

УДК 911.372.9

https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_101

ИСЧЕЗНУВШИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ НАСЕЛЁННЫЕ ПУНКТЫ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВЫЯВЛЕНИЮ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Яковлев Илья Геннадьевич

Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия

russo-turisto01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0497-8586>

Аннотация. В работе рассматривается один из актуальных и важных вопросов как для страны в целом, так и для Оренбуржья — процесс исчезновения населённых пунктов, изменение структуры расселения и сопутствующая трансформация природопользования. В процессе работы подготовлен реестр таких объектов и приводятся методические подходы к выявлению и изучению исчезнувших и исчезающих населённых пунктов, приводится их предварительная авторская классификация. В статье проанализированы факторы, приводящие к процессу исчезновения населённых пунктов и современные особенности природопользования на таких территориях.

Ключевые слова: Оренбургская область, исчезнувшие населённые пункты, классификация поселений, реестр объектов, общедоступные космические снимки, трансформация природопользования

Для цитирования: Яковлев И. Г. Исчезнувшие и исчезающие населённые пункты: методические подходы к выявлению и их классификация // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 101–105. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_101.

Благодарности: исследование подготовлено в рамках реализации государственного задания ИС УрО РАН, номер государственной регистрации АААА-А21-121011190016-1.

DISAPPEARED AND DISAPPEARING SETTLEMENTS: METHODOLOGICAL APPROACHES TO IDENTIFICATION AND THEIR CLASSIFICATION

Ilya G. Yakovlev

Institute of Steppe of the Ural Branch of the RAS, Orenburg, Russia

russo-turisto01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0497-8586>

Abstract. The paper considers one of the topical and important issues both for the country as a whole and for the Orenburg region — the process of the disappearance of settlements, the change in the structure of settlement and the accompanying transformation of nature management. In the process of work, a register of such objects has been prepared and methodological approaches to the identification and study of disappeared and disappearing settlements are given, their preliminary author's classification is given. The article analyzes the factors leading to the process of disappearance of settlements and modern features of nature management in such territories.

Keywords: Orenburg region, disappeared settlements, classification of settlements, register of objects, publicly available satellite images, transformation of nature management

For citation: Yakovlev I. G. Disappeared and disappearing settlements: methodological approaches to identification and their classification. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):101–105 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_101.

Acknowledgments: the study was prepared as part of the implementation of the state task of the IS of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, the state registration number АААА21-121011190016-1.

Введение

Процесс исчезновения населённых пунктов в последние десятилетия стал одной из существенных проблем в системе расселения. В первую очередь официальное исчезновение поселений это их упразднение в соответствии с Федеральным законом от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 06.02.2023) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [9]. В то же время встречается ситуация, когда населённый пункт в официальных документах муниципалитетов существует, но по факту нет (отсутствуют постоянные жители, строения разрушены или отсутствуют и т. д.). Такая ситуация возможна по причине отсутствия согласия зарегистрированных в нем жителей на упразднение и может возникнуть при невозможности получить данное согласие из-за фактического проживания данных жителей в других поселениях,

но не снявшись с регистрационного учёта. В тех случаях, если населённый пункт официально не упразднён, он считается населённым пунктом без населения, хотя в переписях населения может значиться какое-то количество жителей. Абсурдность данного определения рассматривается рядом авторов в своих работах [7]. В то же время в статистических данных [2; 8; 11] такие объекты присутствуют, что открывает дискуссионный вопрос об определении статуса таких поселений. Так как на местности встречаются объекты, где нет уже явных признаков поселения (отсутствуют или разрушены все строения, отсутствует инфраструктура и т. д.), но в официальных документах данный объект является населённым пунктом, за частую с каким-то количеством населения. Так называемый процесс исчезновения, забрасывания сельских поселений является печальной современной тенденцией, которая характерна для многих регионов России. В первую очередь забрасываются наиболее удалённые объекты, среди которых часто присутствуют бывшие отделения колхозов и совхозов, ставшие в своё время самостоятельными поселениями, которые располагались крайне неудобно с логистической точки зрения.

В данной работе исчезнувшие и исчезающие сельские поселения рассматриваются в первую очередь с позиций ландшафтоведения, физической географии, образуя своеобразный антропогенный комплекс в виде пост-селитебных ландшафтов, на примере которых мы можем наблюдать за разнонаправленными изменениями в природопользовании. В то же время рядом авторов отмечается [4], что ландшафтный подход в изучении сельских населённых пунктов не получил должного развития, тем самым подтверждая актуальность подобных направлений исследований.

Обсуждение

Генеральной линией исследования исчезнувших и исчезающих сельских поселений предусматривается в первую очередь выявление особенностей современного природопользования и трансформации природных систем на таких территориях, составление авторской классификации таких поселений и главным итогом планируется подготовка геоинформационных баз данных, а также картографических научных и научно-популярных изданий.

Актуальность и масштабность такой работы выходит далеко за пределы одного конкретного региона и имеет общегосударственное значение, т. к. процессы формирования и упразднения населённых пунктов имели место быть в разные визуализации современного состояния объектов и социально-экономические эпохи, которые характеризовались своими особенностями природопользования, культурой и бытом населения.

Основные методические подходы в работе основаны на сборе и анализе картографического и архивного материала в совокупности с полевыми (экспедиционными) обследованиями территории, применением картографического, геоинформационного, сравнительно-географического, статистического методов исследования. Полевые экспедиционные исследования в данном случае позволяют максимально точно провести визуализацию современного состояния объектов и в совокупности с данными топографических карт разных масштабов, общедоступных космических снимков, как современных, так и архивных, провести ретроспективный анализ формирования сети исчезнувших населённых пунктов (ИНП), объективно оценить современное состояние и специфику природопользования на таких территориях.

На первом этапе работы нами создавался реестр исчезнувших и исчезающих населённых пунктов. Реестр объектов основан на основе программного продукта "ArcGIS/ArcMap 10.5", куда вносились данные об ИНП, которые представлены точечными объектами с несколькими ячейками данных: координаты объектов и географическая привязка относительно населённых пунктов, рек, краткая характеристика, основанная на визуальном анализе космоснимков и в результате посещения некоторых объектов, тип объекта в соответствии с авторской классификацией, интерес посещения объекта. Последняя характеристика носит субъективный характер и используется для планирования экспедиционных обследований. На данный момент в реестре 1 865 объектов, и он пополняется в зависимости от появления новых сведений.

Для создания такого реестра в первую очередь использовались данные о существующих поселениях в постановлении правительства Оренбургской области «О реестре (перечне) административно-территориальных единиц (населённых пунктов) Оренбургской области» [3] и данные ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», в частности «Реестр наименований географических объектов по Оренбургской области» [5]. Из данного источника выбирались объекты с типом «урочище», данные по координатной привязке сопоставлялись с топографическими картами и космоснимками, при необходимости положение точки корректировалось с фактическим местом нахождения объекта. Далее по разномасштабным и разновременным топографическим картам проводилась детальная визуализация потенциальных объектов, а также сравнение таких мест с общедоступными космоснимками максимального разрешения. Наиболее удобными для работы были снимки на базе web-сервисов GoogleMaps, YandexMaps, BingMaps, а также программный продукт

“SAS.Planet”, в котором удобно собраны воедино спутниковые и ряд топографических карт. По данным спутниковых снимков нами было установлено, что за последние годы в разных районах Оренбургской области несколько населённых пунктов фактически прекратили своё существование, несмотря на то, что по данным переписи населения 2010 г., результаты которой на данный момент наиболее доступны, численность населения составляла до 100–150 человек. Такие результаты говорят о необходимости сопоставления статистических данных переписи населения с фактическим состоянием на местности.

Важной методической составляющей обнаружения объектов по картам и космоснимкам является условный знак «кладбище» на топографических картах, что говорит о высокой вероятности нахождения на данном участке местности ИНП; особенно это актуально при визуализации объектов по снимкам, где не отмечается признаков населённых пунктов или они слабовыраженные.

Визуализация по снимкам позволяет оценить состояние бывших поселений и современные природно-антропогенные процессы — связанные с промышленно-хозяйственным освоением, использованием территории ИНП под сельскохозяйственные угодья, самозарастание лесными культурами и т. д. Такой подход апробирован в подобных географических работах [1; 6; 12; 13] и зарекомендовал себя как один из наиболее точных и объективных.

Оценка современного состояния природопользования на таких территориях проводятся нами с помощью полевых исследований, что позволило разработать предварительную классификацию объектов, которая будет дополняться и уточняться по мере сбора и анализа данных экспедиционных выездов.

Классификация исчезнувших населённых пунктов

На настоящий момент классификация ИНП включает следующие группы объектов:

1. *Утраченные полностью.* К таким объектам можно отнести ИНП затопленные при строительстве водохранилищ, утраченные при разработке месторождений полезных ископаемых, в частности карьерным способом, располагавшиеся на месте специальных объектов. ИНП данной группы невозможны для посещения и оценки их фактического состояния виду глубокой антропогенной трансформации местности.

2. *Утраченные без существенных следов существования.* Исчезнувшие поселения, где практически полностью отсутствуют видимые признаки поселений. Идентификация таких объектов возможна только по архивным данным и картографическому материалу. Как правило, такие поселения исчезли уже к середине XX в. Территория таких ИНП визуально похожа на естественные ландшафты, отмечается существенное восстановление природных компонентов ландшафтов, в то же время на таких объектах отмечается сельскохозяйственное использование территории.

3. *Утраченные со следами существования.* Территории, с различимыми признаками существования и функционирования населённых пунктов. В этой группе объектов автором выделяется три основные подгруппы:

3.1. *Имеются трудно различимые следы строений.* В большинстве случаев это трудно заметные ямы, всхолмления на месте построек, как правило, заросшие сорными видами растительности. Обычно расположение строений и улиц прослеживается с космических снимков.

3.2. *Имеются различные следы строений.* В таких ИНП, помимо ям и всхолмлений, встречаются остатки фундаментов и строительных материалов.

3.3. *Имеются неразрушенные строения.* Такие населённые пункты, как правило, были оставлены относительно недавно, часто с хорошо сохранившимися строениями и внутренним убранством, различимыми объектами инфраструктуры, наличием садово-культурных насаждений и т. д. В то же время наиболее сохранившиеся дома разбирают на строительные материалы.

Часто на местах таких ИНП встречаются остатки культурных насаждений, в то же время практически всегда рядом располагаются кладбища разной степени сохранности. Встречаются как хорошо сохранившиеся и ухоженные, так и кладбища с полностью поваленными надгробиями, зачастую с трудно различимой информацией и практически без ограждений, но некоторые из них огораживают от диких животных и выпаса скота. Наличие насаждений и кладбища являются явным признаком того, что когда-то на данном месте был населённый пункт.

Особой подгруппой выделяются утраченные, но с установленными памятными знаками. На территории таких поселений часто проведены локальные работы по рекультивации и облагораживанию территории — оборудованы родники, проводится ежегодная расчистка территории от мусора, захламливания и зарастания, ИНП на таких территориях можно отнести к культурным пост-селитебным ландшафтам. В таких случаях пост-селитебный ландшафт можно рассматривать как пример позитивного природно-антропогенного воздействия.

4. Утраченные, но используемые в качестве объектов хозяйственной деятельности (посёлки, дачи, фермерские дома). Некоторые авторы называют такие поселения сезонно обитаемыми [7].

На месте исчезнувших поселений часто расположены пахотные сельскохозяйственные угодья, также часто отмечаются на месте бывших поселений сенокосы и выпас скота. Сельскохозяйственное природопользование является преобладающим на объектах ИНП, но в то же время в некоторых случаях отмечается добыча природных ресурсов и расположены объекты современного нефтегазового-комплекса в западных и центральных районах области с использованием инфраструктуры бывших поселений.

5. *Поселения, находящиеся на грани исчезновения (упразднения)*. Во многих небольших сельских поселениях, которые в настоящее время находятся на грани исчезновения, проживает всего не более десяти-двадцати человек, преимущественно пенсионного возраста. В таких поселениях практически полностью отсутствует необходимая для жизни инфраструктура — отсутствие газификации домов, медицинских и образовательных учреждений, социальных объектов, что приводит к резкому оттоку молодого населения. Зачастую население мигрирует в более крупные населённые пункты.

Выводы

Хронологически исчезновения поселений можно отнести к нескольким временным периодам связанных с хозяйственным освоением территории и развитием технического и технологического потенциала. Как правило, это развитие способствовало как появлению, так и упразднению населённых пунктов. На территории Оренбургской области в её современных границах за последние сто лет можно выделить несколько этапов: 1) упразднение населённых пунктов в 1930–1940-х гг.; 2) позже, с укрупнением колхозов и совхозов, произошло упразднение в 1970–1980-х гг., 3) современный этап, связанный с переселением из деревень в крупные населённые пункты и города, — этот процесс связан преимущественно с социально-экономическими факторами в том числе естественной убылью населения, миграционным оттоком, отсутствием необходимой инфраструктуры и т. д. [10]. В то же время в ходе реформ, направленных на укрупнение сёл, некоторые не крупные поселения не исчезли в прямом смысле слова, а вошли в состав соседнего, более крупного поселения. В настоящее время некоторые исчезнувшие сельские поселения представляют интерес как объекты туризма [10] за счёт сохранности исторически значимых объектов, как правило, старых сохранившихся церквей.

Изучение исчезнувших поселений с ландшафтно-географической точки зрения позволяет нам изучать процессы земледельческого освоения территории, трансформации природопользования, а также проследить и оценить как положительные, так и отрицательные факторы воздействия. Данное направление исследований находится на стыке различных направлений географических исследований. Комплексные работы по выявлению последствий природопользования на территориях исчезнувших населённых пунктах являются современными и актуальными, т. к. данный процесс носит динамический характер и наблюдается во многих регионах страны.

Список литературы

1. Медведев А. А. Гунько М. С. Выявление признаков наличного населения по материалам дистанционного зондирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. 2016. № 6. С. 85–91.
2. Оренбургская область в цифрах. 2021 / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. Оренбург, 2021. 126 с.
3. Постановление Правительства Оренбургской области N 4-п от 10.01.2008 года (ред. от 24.01.2023) «О реестре (перечне) административно-территориальных единиц (населенных пунктов) Оренбургской области». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/5600202301270004>.
4. Панков С. В. Принципиальные подходы к изучению сельских населённых пунктов // Вестник Тамбовского университета: естественные и технические науки. 2009. Т. 14, № 1. С. 177–179.
5. Реестр зарегистрированных в АГКГН географических названий населённых пунктов на 15.12.2022. Оренбургская область. URL: <https://cgkipd.ru/upload/iblock/ae3/ivc0ko95chusq8vuxlvo9g6z9whdo36e.pdf>.
6. Румянцев И. Н., Смирнова А. А. Дистанционный анализ сельских населённых пунктов без населения Тверской области // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2018. № 4. С. 73–81.
7. Румянцев И. Н. Смирнова А. А., Ткаченко А. А. Сельские населённые пункты «без населения» как географический и статистический феномен // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2019. № 1. С. 29–37.
8. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2014 / Оренбургстат. Оренбург. 2014. 566 с.
9. Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 01.07.2021) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.09.2021). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/3ff3239716f9e66051339bbb01b90309225d23f/.

10. Филимонова И. Ю., Яковлев И. Г. Процесс исчезновения населенных пунктов Оренбургской области // Одиннадцатые Большаковские чтения. Оренбургский край как историко-культурный феномен: в 2 томах / науч. ред. С. В. Любичанковский. Оренбург: Оренбургский гос. пед. ун-т, 2022. Т. 1. С. 196–202.
11. Численность населения субъектов Российской Федерации по административно-территориальным единицам. Всероссийская перепись населения 2010. Федеральная служба государственной статистики. URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm.
12. Pazar R. et al. Restoring steppe landscapes: patterns, drivers and implications in the steppe landscapes of Russia // *Landscape Ecology*. 2020. № 30 (2). P. 407–425. DOI 10.1007/s10980-020-01174-7.
13. Yakovlev I. G. Monitoring researches of steppe nature management on the example of Orenburgskaya oblast: peculiarities, dynamics, prospects // Ninth International Symposium “Steppes of Northern Eurasia”. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 817. P. 012113.

References

1. Medvedev A. A., Gunko M. S. Identification of signs of the available population based on remote sensing materials. *News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography*. 2016;6:85–91 (In Russ.).
2. *Orenburg region in numbers. 2021: Brief statistical Collection*. Orenburg: 2021:126 (In Russ.).
3. Resolution of the Government of the Orenburg Region No. 4-p of 10.01.2008 (as amended on January 24, 2023) “On the register (list) of administrative-territorial units (settlements) Orenburg region”.
4. Pankov, S. V. Principled approaches to the study of rural settlements // *Bulletin of the Tambov University: Natural and Technical Sciences* 2009;14(1):177–179 (In Russ.).
5. The register of geographical names of settlements registered in the AGCGN as of December 15, 2022. Orenburg region. URL: <https://cgkipd.ru/upload/iblock/ae3/ivc0ko95chusq8vuxlvo9g6z9whdo36e.pdf>.
6. Rumyantsev I. N., Smirnova A. A. Remote analysis of rural settlements without the population of the Tver region. *Bulletin of Tver State University. Series: Geography and Geoecology*. 2018;4:73–81 (In Russ.).
7. Rumyantsev I. N., Smirnova A. A., Tkachenko A. A. Rural settlements “without population” as a geographical and statistical phenomenon. *Bulletin of the Moscow University. Series 5: Geography*. 2019;1:29–37.
8. *Statistical Yearbook of the Orenburg region. 2014*. Orenburg: Orenburgstat; 2014:566.
9. *Federal Law No. 131-FZ of 06.10.2003 (as amended on July 01, 2021) “On the General principles of the organization of local self-government in the Russian Federation” (with amendments and additions, intro. effective from September 30, 2021)*.
10. Filimonova I. Y., Yakovlev I. G. The process of disappearance of settlements of the Orenburg region. Eleventh Bolshakov readings. *Orenburg Region as a historical and cultural phenomenon: in 2 vol.* Ed. by S. V. Lyubichankovsky. Orenburg: Orenburg State Pedagogical University; 2022;1:196–202 (In Russ.).
11. The population of the subjects of the Russian Federation by administrative-territorial units. URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm.
12. Pazar R. et al. Restoring steppe landscapes: patterns, drivers and implications in the steppe landscapes of Russia. *Landscape Ecology*. 2020;30(2):407–425. DOI 10.1007/s10980-020-01174-7.
13. Yakovlev I. G. Monitoring researches of steppe nature management on the example of Orenburgskaya oblast: peculiarities, dynamics, prospects. *Ninth International Symposium “Steppes of Northern Eurasia”. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021;817:012113.

Информация об авторе

Яковлев И. Г. — кандидат географических наук, старший научный сотрудник.

Information about the author

Yakovlev I. G. — Candidate of Sciences (Geography), Senior Researcher.

Статья поступила в редакцию 05.04.2023; одобрена после рецензирования 24.04.2023; принята к публикации 15.05.2023.

The article was submitted 05.04.2023; approved after reviewing 24.04.2023; accepted for publication 15.05.2023.

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 106–122.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):106–122 (In Russ.).

Научная статья
УДК 551.24(574.1)
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_106

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Столярова Елена Михайловна^{1✉}, Бурукина Екатерина Андреевна²

^{1, 2} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

¹ elena_astra@inbox.ru

² pro100-ekaterina@mail.ru

Аннотация. В современном мире оценка земельных ресурсов требует оперативности и эффективности анализа данных для дальнейшего руководства по управлению и принятию нужных решений в использовании земель. Применение ГИС технологий в мониторинге и инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения даёт быстрый и наглядный пример для оценки площадей сельскохозяйственных земель района, а также для дальнейшей работы по оптимизации и экологизации данного направления. Геоинформационные технологии позволяют выстраивать более точные и долгосрочные прогнозы по развитию сельскохозяйственных земель. Оперативность данных, полученных при помощи анализа информации о земельных ресурсах в ГИС, позволяет государству разрабатывать эффективные методы для дальнейшего развития региона с экономических, социальных и экологических позиций.

Ключевые слова: сельскохозяйственные земли, геоинформационные системы, инвентаризация, мониторинг, управление, землепользование, площадь, информация

Для цитирования: Столярова Е. М., Бурукина Е. А. Инвентаризация и мониторинг земель сельскохозяйственного назначения с применением геоинформационных технологий // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 106–122. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_106.

INVENTORY AND MONITORING OF AGRICULTURAL LAND USING GEOINFORMATION TECHNOLOGY

Elena M. Stolyarova^{1✉}, Ekaterina A. Burukina²

^{1, 2} Tatishchev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

¹ elena_astra@inbox.ru

² pro100-ekaterina@mail.ru

Abstract. In today's world, land assessment requires prompt and efficient data analysis, to further guide management and make the right decisions for future land use. The use of GIS technologies in the monitoring and inventory of agricultural land provides a quick and clear example for assessing the area of agricultural land in the region, as well as for further work in this direction to optimize and green this direction. Geoinformation technologies make it possible to build more accurate and long-term forecasts for the development of agricultural land. Efficiency of data obtained by analyzing information about land resources in GIS allows the state to develop effective methods for further development of the region from economic, social and environmental positions.

Keywords: agricultural lands, geoinformation systems, inventory, monitoring, management, land use, area, information

For citation: Stolyarova E. M., Burukina E. A. Inventory and monitoring of agricultural land using geoinformation technology. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):106–122 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_106.

В современном мире оценка земельных ресурсов требует оперативности и эффективности анализа данных для дальнейшего руководства по управлению и принятию нужных решений в использовании земель. На практике государственного и муниципального управления это возможно благодаря внедрению геоинформационных технологий в области землепользования. С появлением компьютерных технологий любая область науки обретает новую жизнь. Открываются поистине безграничные возможности для сбора, хранения и обработки информации об объектах окружающего мира.

Россия обладает большими площадями сельскохозяйственных земель. Нерациональное использование, а также неэффективное перераспределение имеющихся ресурсов приводит к потере почв и сокращению доходов жителей государства.

Одной из главнейших проблем в управлении земельными ресурсами и их использовании является потеря достоверной информации о количественном и качественном состоянии земель сельскохозяйственного назначения, которая является базовой основой для обеспечения механизма регулирования земельного оборота, установления платежей за землю, ведения государственного кадастра недвижимости, землеустройства и контроля над использованием земель. Для внесения и обновления информации применяются инвентаризация и мониторинг [2; 3].

Земли, имеющие статус сельскохозяйственного назначения, являются наиболее важными для каждого государства, юридический статус использования и охраны, данных земель регулируются Земельным кодексом РФ (ст. 7). В данном кодексе определён статус земель РФ, выделяемых как земли целевого назначения и подлежащие особой охране, — это земли, обладающие плодородным слоем, который так важен для произрастания сельскохозяйственной продукции. От плодородия земель зависит экономический и социальный статус государства, поэтому данные земли подлежат особой охране.

Использование сельскохозяйственных земель в РФ регулируется Федеральным законом № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» от 24.07.2002. Данный закон распространяет своё действие только на земли сельскохозяйственного назначения, представляющие особую ценность для государства, земли, обладающие плодородием.

Другими основными нормативными актами, регулирующими правовой режим указанных земель, кроме вышеназванного федерального закона являются федеральные законы: от 16.07.1998 № 101-ФЗ «О государственном регулировании и обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения», от 21.12.2004 № 172-ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую», от 7 июля 2003 г. № 112-ФЗ «О личном подсобном хозяйстве», от 29.07.2017 № 217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд»; от 11.06.2003 № 74-ФЗ «О крестьянском (фермерском) хозяйстве»; от 29.12.2006 № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства»; от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и др., а также нормативные акты субъектов РФ (поскольку земельное законодательство находится в совместном ведении РФ с субъектами РФ).

Правовой режим использования и учёта земель сельскохозяйственного назначения в РФ несовершенен: при изучении данной проблемы в нашей стране, вскрываются основные проблемы недоучёта и неправильного использования категории данных земель. Россия — огромная страна, располагающая большими территориями земельных ресурсов, но эти ресурсы не используются в полном объёме. Основные законы пользования, владения и распоряжения земельными ресурсами направлены на данные ограничения. Земли оказываются выведенными из сельскохозяйственного оборота, недоучтёнными, идёт деградация и снижение плодородия сельскохозяйственных земель. В настоящее время необходимы новые и реально действующие правовые механизмы, регулирующие данную область землепользования.

На данный момент правильное правовое регулирование использования земель сельскохозяйственного назначения сможет не только поддержать развитие экономики страны по производству сельскохозяйственной продукции, а также поможет увеличению рабочих мест и развитию регионов на периферии.

В реалиях современной мировой политики рациональное использование земельных ресурсов является базисом экономики государства, определяя его статус в мировой политике. Наличие полноценной информации о состоянии и статусе земельных ресурсов позволяет органам государственного управления более детально проработать нормативные правовые акты использования и охраны земельных ресурсов, учитывающие экономическую, экологическую и социальную функцию земель. Для этого необходимо освоить новые возможности обработки и анализа пространственной информации, методы оперативного решения задач управления, оценки и контроля изменяющихся земельных ресурсов [1].

Одной из ведущих сфер оперативной оценки имеющейся информации являются геоинформационные системы. Геоинформационные системы можно применить в любой области, но использование ГИС в кадастрах и землепользовании более эффективно и разумно. Кадастры и землепользование — это научные сферы деятельности, где ГИС используются более масштабно и широко. ГИС дают возможность использования ввода и обновления данных средств в геодезии, дистанционном зондировании, системах массового позиционирования и процедуры фотограмметрической обработки географической информации (определение размеров, формы, пространственного положения объектов по итогам измерения их изображений); всё это широко и массово применимо в землепользовании и кадастрах [4]. Использование ГИС означает всегда обладать самой верной и оперативной информацией.

Благодаря ГИС задачи кадастрового учёта и землепользования решаются более оперативно и эффективно, т. к. географические информационные системы (ГИС) обеспечивают сбор, хранение, обработку, отображение и распространение данных, а также получение на их основе новой информации и знаний о пространственных географических объектах и явлениях. Географические информационные системы способны хранить и обрабатывать пространственные данные, а также выполнять оперативные расчёты и составлять карты земельных угодий.

Данные в ГИС хранятся в виде слоевой модели, каждый тип данных соответствует определённому тематическому слою, который накладывается один на другой. Объекты слоя хранятся в отдельном файле и имеют свою систему уникальных признаков, отличающих один слой от другого. Количество слоёв может быть неограниченным. В ГИС работа с данными представлена и разделяется на работу с графической частью данных (работа по составлению электронных карт), а также с атрибутивной информацией об объекте, которая несёт определённую смысловую нагрузку карты и дополнительные сведения. Дополнительные сведения, относящиеся к пространственным данным, но не могут быть прямо нанесены на карту, но с их помощью можно производить необходимые расчёты. Графические объекты и атрибутивные данные связаны между собой, в частности графическая информация физически хранится как одно из полей атрибутивной таблицы. Пользователь путём манипулирования информационными слоями и объектами, применяя массивы данных цифровых карт, может формировать необходимые совокупности объектов в виде картографических покрытий. Инструментарий ГИС с использованием запросов атрибутивных и пространственных данных даёт возможность проводить имитационное моделирование [5; 6]. Рассмотрим на практике анализ и учёт земельных угодий при помощи геоинформационных систем на примере сельскохозяйственных земель Приволжского района Астраханской области.

Приволжский район Астраханской области, с одной стороны, имеет слаборазвитую промышленность, но обладает высоким сельскохозяйственным потенциалом, располагаясь в центральной зоне дельты р. Волги и имея территории для массового отдыха населения. Приволжский район Астраханской области является одним из быстро развивающихся районов области, так как обладает достаточно высоким экономическим потенциалом территории. Экономически привлекательным для инвесторов и жителей региона Приволжский район делают: распространение запасов полезных ископаемых на территории района, возможное создание предприятий по производству строительных материалов, благоприятные природно-климатические условия для развития сельского хозяйства и туристическо-рекреационной деятельности, значительные земельные ресурсы в непосредственной близости от областного центра (табл. 1).

Таблица 1 — Структура земельного фонда Приволжского района

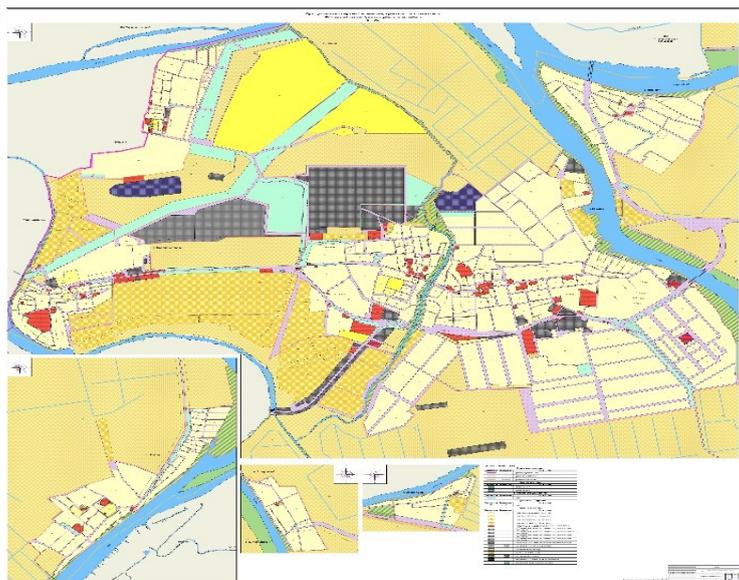
Категория земель	Площадь земель, га	Доля земель, %
Земельный фонд, всего	79 064	100
Земли сельхозназначения	60 595	76,7
Земли населённых пунктов	5 871	7,4
Земли промышленности, транспорта, связи и иного назначения	2 090	2,7
Земли особо охраняемых территорий	345	0,4
Земли лесного фонда	1 216	1,5
Земли водного фонда	8 284	10,5
Земли запаса	663	0,8

Район славится развитым сельским хозяйством, которое ориентировано на производство овощей, животноводства и рыбоводства. Основные направления в растениеводстве — выращивание бахчевых культур для местного населения и экспорта по всей России. Кроме того, жаркий, засушливый климат района создаёт идеальные условия для развития садоводства и виноградарства.

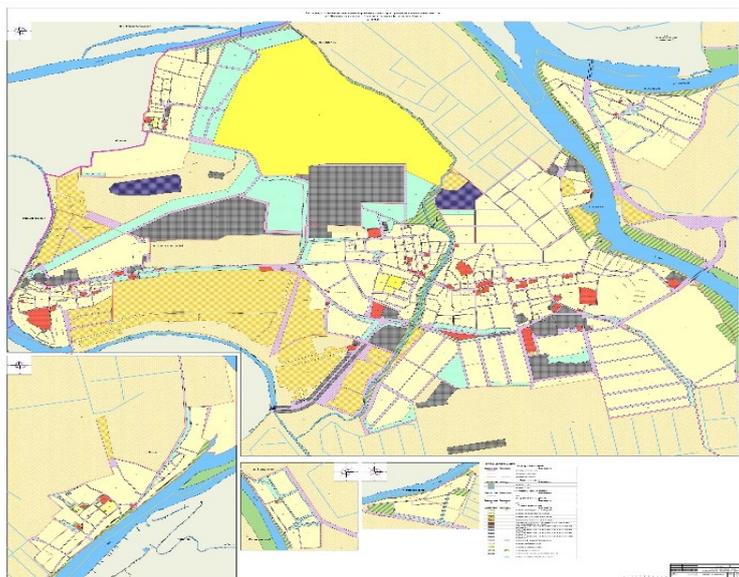
Посевные площади земель сельскохозяйственного назначения Приволжского района на 2022 г. составляют 11 847 га.

Для инвентаризации земель Приволжского района Астраханской области была выбрана территория МО «Началовский сельсовет», за основу были взяты две картосхемы (рис. 1).

В программе QGIS создаём соединение со спутниковыми снимками Google 2022 г. и используем их в качестве подложки. Для проведения работ по инвентаризации территории МО «Началовский сельсовет» находим нужный нам объект. Затем привязываем имеющуюся карту-схему 2017 и 2020 гг. по координатам границ МО «Началовский сельсовет», т. к. не имеем иных ориентиров и координат для привязки. В ходе наложения появляется новый слой с границами. Далее создаём площадный слой в “GeoPackage” и обрисовываем земли сельскохозяйственного назначения, а также коллективных садов и огородов, по данным Приволжского БТИ за 2017 и 2020 гг. (рис. 2). Обрисовывали только те земли, которые полностью показаны карте-схеме МО «Началовский сельсовет».

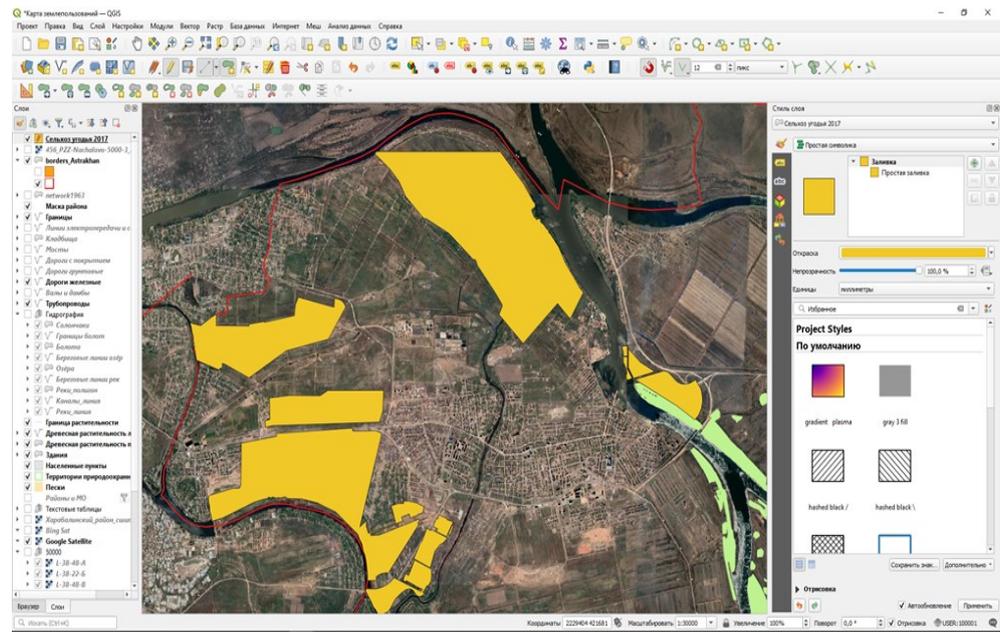


2017 г.

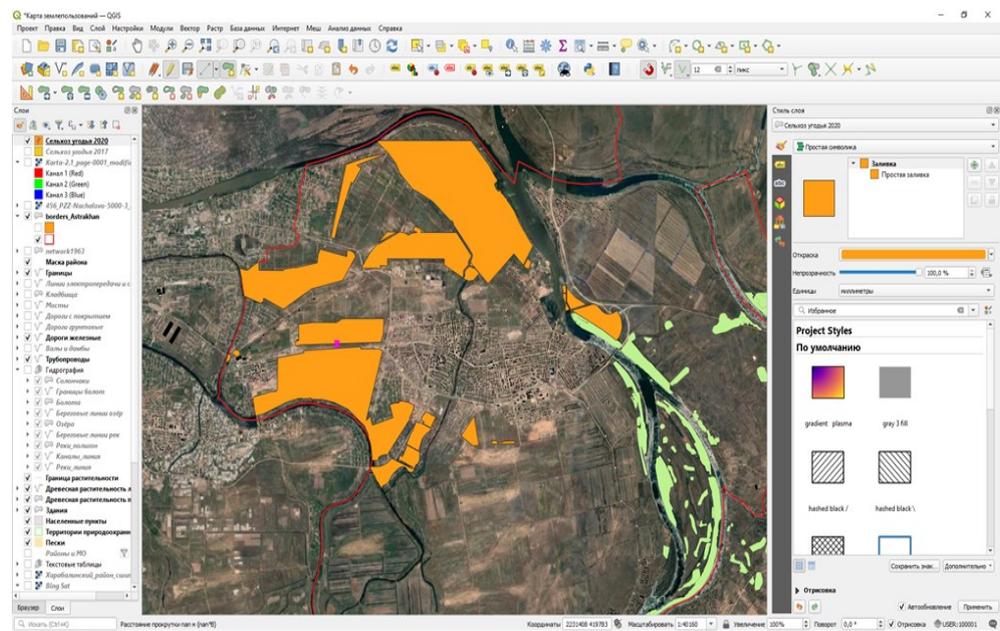


2020 г.

Рисунок 1 — Карты-схемы МО «Началовский сельсовет»



2017 г.



2020 г.

Рисунок 2 — Границы земель сельскохозяйственного назначения в 2017 и 2020 гг.

Далее для расчета площади занимаемой сельскохозяйственными землями МО «Началовский сельсовет» используем ту же программу QGIS. Так, с помощью калькулятора полей создаем функцию для подсчета площади (рис. 3).

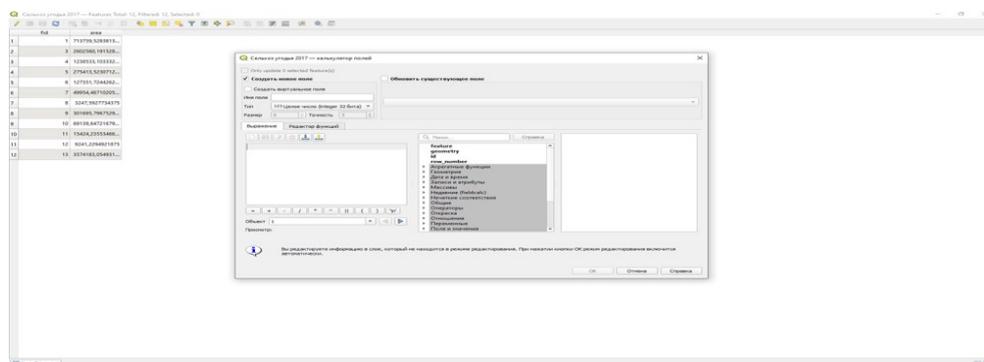


Рисунок 3 — Расчёт площади сельскохозяйственных земель при помощи калькулятора полей

В результате расчётов площадей земли сельскохозяйственного назначения на территории МО «Началовский сельсовет» по карте-схеме 2017 г. составляли 898,05 га, а расчёт по карте-схеме 2020 г. показал, что в 2020 г. площадь составила 1 028,83 га.

Затем с помощью наложения друг на друга слоёв 2017 и 2020 гг., получили карту, где наглядно видно, увеличение земель сельскохозяйственного назначения в МО «Началовский сельсовет» (рис. 4).



Рисунок 4 — Карта сравнения сельскохозяйственных земель в 2017 и 2020 гг.

Исходя из инвентаризации, проведённой с помощью QGIS, получены следующие выводы. Земли сельскохозяйственного назначения обследуемого района за три года увеличились на 130,78 га. Увеличение произошло за счёт того, что земли, относящиеся к таким зонам, как: зона застройки среднеэтажными жилыми домами; зона для ведения садоводства и дачного хозяйства; зона специального назначения, связанная с захоронениями; производственная зона, занятая производственно-коммунальными объектами V класса опасности; зона зелёных насаждений специального назначения, — перешли в зону сельскохозяйственных угодий, за счёт этого произошло увеличение площади земель сельскохозяйственного назначения.

Используя геоинформационные системы в инвентаризации и мониторинге земель сельскохозяйственного назначения можно отметить важность и необходимость применения данного метода:

1. Это наглядность и оперативность данных о землях сельскохозяйственного назначения, т. к. перевод данных в электронную форму позволяет более легко вносить изменения и производить расчёты.
2. Благодаря ГИС технологиям открываются новые возможности в использовании земельных ресурсов. Совершенствуются методики анализа, прогнозирования и планирования данных о земельных ресурсах.

3. Оперативность данных полученных при помощи анализа информации о земельных ресурсах в ГИС позволяет государству разрабатывать эффективные методы для дальнейшего развития региона с экономических, социальных и экологических позиций.

4. С помощью геоинформационных систем постановка новых задач, которые связаны с развитием региона и страны в целом, становятся наиболее доступными для составления прогностных и плановых управленческих документов.

Список литературы

1. Бешенцев А. Н. Картографический мониторинг природопользования // Геодезия и картография. 2011. № 3. С. 14–18.
2. Волков С. Н., Комов Н. В., Хлыстун В. Н. Как достичь эффективного управления земельными ресурсами в России? // Московский экономический журнал. 2015. № 2. С. 3–7.
3. Гагаев Ф. Р. Особенности правового режима земель сельскохозяйственного назначения // Проблемы совершенствования законодательства. Махачкала: АЛЕФ, 2019. С. 80–82.
4. Кабиева С. К. Применение ГИС технологий для мониторинга земель ресурсами в Казахстане // Научный журнал Казахского Национального аграрного университета. 2015. № 2. С. 74–77.
5. Куракпаев О. Т., Машанов А. А. Возможности использования ГИС-технологий в землеустройстве и земельном кадастре // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2016. Т. 16, № 5. С. 154–156.
6. Стеклова Г. А., Федотова В. С. Направления использования ГИС-технологий в землеустройстве и земельном кадастре // Царскосельские чтения. 2014. Т. 3, № 18. С. 164–169.

References

1. Beshentsev A. N. Cartographic monitoring of nature management. *Geodesy and cartography*. 2011;3:14–18 (In Russ.).
2. Volkov S. N., Komov N. V., Khlystun V. N. How to achieve effective land management in Russia? *Moscow Economic Journal*. 2015;2:3–7 (In Russ.).
3. Gagaev F. R. Features of the legal regime of agricultural lands. *Problems of improving legislation*. Makhachkala: ALEF LLC; 2019:80–82 (In Russ.).
4. Kabieva S. K. Application of GIS technologies for monitoring land resources in Kazakhstan. *Scientific journal of the Kazakh National Agrarian University*. 2015;2:74–77.
5. Kurakpaev O. T., Mashanov A. A. Possibilities of using GIS technologies in land management and land cadaster. *Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University*. 2016;16(5):154–156 (In Russ.).
6. Steklova G. A., Fedotova V. S. Directions of using GIS technologies in land management and land cadaster. *Tsarskoye Selo readings*. 2014;3(18):164–169 (In Russ.).

Информация об авторах

Столярова Е. М. — кандидат географических наук, доцент;
Бурукина Е. А. — ассистент.

Information about the authors

Stolyarova E. M. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Burukina E. A. — assistant.

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 26.04.2023; одобрена после рецензирования 10.05.2023; принята к публикации 22.05.2023.

The article was submitted 26.04.2023; approved after reviewing 10.05.2023; accepted for publication 22.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 113–121.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):113–121 (In Russ.).

Научная статья
УДК 332.332;622.691.4.053
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_113

ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ УЧАСТКОВ НА ЗЕМЛЯХ ЛЕСНОГО ФОНДА ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

Терехова Марина Владимировна
Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия
mar_terehova@mail.ru

Аннотация. На землях лесного фонда разрешается проведение работ, не связанных с созданием лесной инфраструктуры. В связи с этим разрешается строительство, эксплуатация и реконструкция объектов для использования трубопроводов, линий связи, дорог, а также других линейных объектов и сооружений, являющихся неотъемлемой технологической частью указанных объектов. В данной статье рассмотрены особенности подготовки документации под выделение земельных участков на землях лесного фонда в целях строительства, реконструкции и эксплуатации линейных объектов. Проанализирована информация с точки зрения законодательной базы. В качестве примера приведена территория строительства магистрального газопровода на территории Республики Крым, частично проходящая через земли лесного фонда, также приведена особенность регионального законодательства Республики Крым.

Ключевые слова: лесной фонд, линейный объект, лесной кодекс, объект газоснабжения, лесные участки, целевое назначение, проектная документация лесного участка, проект межевания территории, аренда

Для цитирования: Терехова М. В. Особенности выделения участков на землях лесного фонда под строительство линейных объектов // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 113–121. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_113.

FEATURES OF ALLOCATION OF PLOTS ON THE LAND OF THE FOREST FUND FOR THE CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS

Marina V. Terekhova
State University of Land Management, Moscow, Russia
mar_terehova@mail.ru

Abstract. On the lands of the forest fund, it is allowed to carry out works not related to the creation of forest infrastructure. In this regard, construction, operation and reconstruction of facilities for the use of pipelines, communication lines, roads, as well as other linear objects and structures that are an integral technological part of these facilities are permitted. This article discusses the specifics of preparing documentation for the allocation of land plots on the lands of the forest fund for the construction, reconstruction and operation of linear facilities. The information is analyzed from the point of view of the legislative framework. As an example, the territory of the construction of the main gas pipeline on the territory of the Republic of Crimea, partially passing through the lands of the forest fund, is also given a feature of the regional legislation of the Republic of Crimea.

Keywords: forest fund, linear object, forest code, gas supply object, forest plots, purpose, project documentation of a forest plot, land surveying project, lease.

For citation: Terekhova M. V. Features of allocation of plots on the land of the forest fund for the construction of linear objects. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):113–121 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_113.

Введение

Вопросы кадастровой деятельности, связанные с передачей земель из лесного фонда для строительства линейных объектов, в настоящее время имеют особую актуальность. Связано это в первую очередь с неполнотой нормативной базы, регламентирующей внесение информации о лесных участках (на которых предусматривается строительство и размещение линейных объектов) в Единый государственный реестр недвижимости.

При предоставлении земель лесного фонда под строительство линейных объектов специалисты в области кадастровой деятельности испытывают определённые трудности, связанные, прежде всего с противоречиями и неполнотой нормативно правовой базы.

Материалы и методы

Объектом исследования являются земли лесного фонда Республики Крым.

Использованы абстрактно-логические методы и приёмы, методы сравнительного анализа для выявления особенностей.

Информационной базой выступают нормативные документы Российской Федерации и Республики Крым, материалы научных публикаций.

К землям лесного фонда относят лесные земли и нелесные земли, состав которых устанавливается лесным законодательством. Земли лесного фонда относятся к федеральной собственности.

Лесным участком, считается земельный участок, расположенный в границах лесничеств, лесопарков.

В действующем законодательстве единого понятия «линейный объект» не существует. Данное толкование возможно раскрыть путём сравнительного анализа различных источников правовой документации, в связи с тем, что чётко сформулированный юридический термин, определяющий его характеристик не установлен.

Для того чтобы понимать, относится ли испрашиваемая территория к землям лесного фонда, необходимо обратиться к информационным источникам. Данную информацию можно получить следующими способами:

1. Заказать кадастровый план территории, через портал Росреестра, либо через веб-сервисы для кадастровых инженеров «Программный центр Полигон: Онлайн».

2. Обратиться к публичной кадастровой карте Росреестр, включив слой «Тематические карты» — «Категории земель».

3. Использовать функции программы «SAS.Планета», которая предназначена для просмотра и загрузки спутниковых снимков, топографических карт высокого разрешения.

4. Обратиться к картам-схемам лесных планов. Например, на территории Республики Крым утверждён «Лесной план Республики Крым», который разработан на основании материалов украинского лесоустройства, государственного лесного реестра и прочих сводных документов состояния лесов. Действующий «Лесной план Республики Крым» актуален до 31.12.2028 [9].

Также многие участки лесного фонда могут быть не внесены в Единый государственный реестр недвижимости (далее по тексту — ЕГРН), либо отображены с меткой «без координат границ», в таком случае за более достоверной информацией следует обратиться в государственный лесной реестр.

В соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации и Федеральным законом от 21.12.2004 № 172-ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» к линейным объектам относят линии электропередачи, линии связи (в том числе линейно-кабельные сооружения), трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и другие подобные сооружения [2; 3].

В соответствии с ЛК РФ, к линейным объектам относят такие объекты, как линии электропередач, дороги, связи, трубопроводы и др. [1].

Анализируя законодательство топливно-энергетического комплекса, под линейными объектами подразумевается система линейно-протяжённых объектов топливно-энергетического комплекса, например нефтепроводы, магистральные газопроводы и электрические сети. Объектами газоснабжения являются объекты, предназначенные для добычи, транспортировки, хранения, поставок газа.

Таким образом, анализируя законодательную базу Российской Федерации, следует, что объекты газоснабжения являются линейными объектами.

Строительство объектов газораспределения и газоснабжения на землях лесного фонда представляется возможным после детального изучения законодательства. Специалисты в области проектирования линейных объектов должны подробно изучить нормы ЛК РФ, Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Земельного кодекса РФ (далее по тексту — ЗК РФ), приказа Федерального агентства лесного хозяйства от 10 июня 2011 г. № 223 «Об утверждении Правил использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов» и другие нормативные акты.

Анализируя лесное законодательство, в свою очередь, заметим, что в ценных лесах и защитных участках леса запрещено размещать объекты капитального строительства, за исключением линейных объектов и гидротехнических сооружений. К тому же условием для охраны лесных земель выступает использования в первую очередь нелесных земель. В случае отсутствия таких земель необходимо использовать участки, на которых произрастают наименее ценные лесные насаждения [4; 5].

В соответствии со ст. 45 ЛК РФ, предусмотрено использование лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов с предоставлением или без предоставления лесного участка, установлением или без установления сервитута, публичного сервитута [1]. Данные виды использования лесов являются видами землепользования, осуществляемыми на землях лесного фонда.

Также следует учесть, что перевод земель лесного фонда в земли иных категорий не требуется, в связи с тем, что возведение объектов газоснабжения на землях лесного фонда относится к строительству, реконструкции и эксплуатации объектов, не связанных с созданием лесной инфраструктуры.

Лесные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности, предоставляются гражданам и юридическим лицам для строительства объектов газоснабжения на праве постоянного (бессрочного) пользования лесными участками, на праве ограниченного пользования чужими лесными участками, на праве аренды лесных участков и на праве безвозмездного срочного пользования лесными участками.

Как правило, лесные участки предоставляются на основании договора аренды. Арендодатель предоставляет арендатору лесной участок в соответствии с целями, предусмотренными ст. 25 ЛК РФ.

Лицам, которым предоставлены лесные участки в аренду или постоянное (бессрочное) пользование ина праве сервитута, необходимо составить проект освоения лесов в соответствии со ст. 12 ЛК РФ [1].

Проектная документация лесных участков не разрабатывается в случае проектирования лесных участков в целях размещения линейных объектов.

В соответствии со ст. 81–84 ЛК РФ, проектная документация лесного участка утверждается уполномоченным органом на осуществление полномочий по предоставлению в пользование лесного участка. Срок действия решения об утверждении проектной документации — два года. Акт натурного технического обследования лесного участка составляется в случае, когда осуществляются работы по переводу земель лесного фонда в земли иных категорий.

На рисунке 1 представлена схема работ по образованию земельных участков на землях лесного фонда.

Утверждение документации по планировке территории
(в составе проекта планировки и проекта межевания территории)

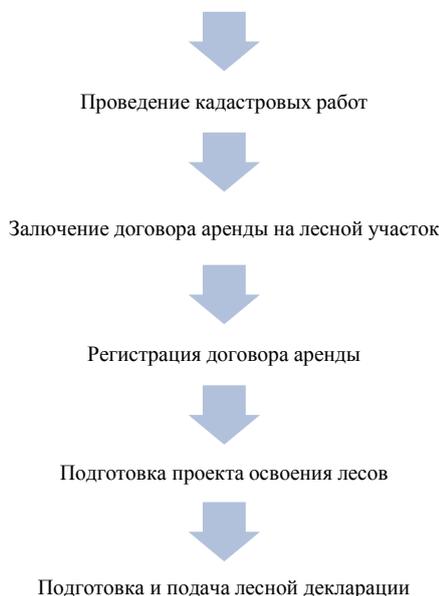


Рисунок 1 — Схема работ по образованию земельных участков на землях лесного фонда

Кроме того, образование лесных участков в целях размещения линейных объектов осуществляется на основании утверждённого проекта межевания территории [6].

Зарегистрированные сведения о лесных участках в ЕГРН позволяют исключить пересечение границ земельных участков с землями лесного фонда.

Далее, на примере Республики Крым, рассмотрим особенности выделения лесных участков в целях строительства магистрального газопровода «МГ Ялта – Форос – Севастополь» (далее по тексту — линейный объект). Рассматриваемый магистральный газопровод соотносится к понятиям «линейный объект» в связи с тем, что назначение объекта звучит как «сооружения топливно-энергетических, нефтехимических, газохимических и химических предприятий и магистрального трубопроводного транспорта», что полностью соответствует требованиям законодательной базы РФ.

Согласно данным государственного доклада «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году», 95 % площади земельных участков (в собственности Российской Федерации) составили земли лесного фонда.

По данным государственного учёта земель, земельный фонд территории Республики Крым составляет 2 608,1 тыс.га.

Согласно информации Государственного комитета по государственной регистрации и кадастру Республики Крым (далее по тексту — Госкомрегистр РК), площадь земель лесного фонда по состоянию на 2017–2021 гг. составила 263,3 тыс. га. В соответствии с данными Федерального агентства лесного хозяйства, по состоянию на 2021 г. площадь земель Республики Крым, на которых расположены леса, составляла 1 187,8 млн га, среди которых 794,8 млн га покрытые лесной растительностью, из которых 69,7 % ценные породы.

На территории Республики Крым с 2015 г. Госкомрегистром РК проводилась тотальная оцифровка архивов территориальных отделений земельных ресурсов (также в части, касающейся границ лесничеств и лесопарков) и правоустанавливающих документов. Данная информация была внесена в период 2015–2016 гг., в 2017 г. начались работы по внесению в ЕГРН более 230 тыс. га крымских лесов.

В административном отношении линейный объект находится на территории Зеленовского сельского поселения Бахчисарайского района, Голубинского сельского поселения Бахчисарайского района, городского округа Ялта Республики Крым, за границами населённых пунктов.

Началом трассы газопровода является подключение к существующему газопроводу в районе плато Ай-Петри. От места подключения проектируемая трасса газопровода следует в юго-западном направлении к окраинам посёлка городского типа Понизовка, пересекая подземные и надземные коммуникации и естественные преграды. На своём маршруте трасса пересекает линии электропередач, кабель связи. Концом трассы магистрального газопровода является площадка газораспределительной станции «Весёлое» [10]. Направление трассы выбрано по критериям оптимального прохождения с максимальным использованием существующей сети коммуникаций для обслуживания. Ширина строительной полосы для одного трубопровода диаметром от 426 до 720 мм принята согласно СН 452-73. Размеры полосы отвода в отношении линейного объекта приняты с учётом того, что все здания и сооружения располагаются на минимально допустимых расстояниях друг от друга с учётом прохождения и подключения инженерных коммуникаций и устройства подъездов.

Строительство линейного объекта проходит через земли лесного фонда, а именно по территории Куйбышевского лесничества Соколинского участкового лесничества кварталов № 62, 63, 64, 66, 85 и Соснового участкового лесничества кварталов № 23, 24, 30, 38, 40, 44, 45, 49. Согласно данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым, участок строительства линейного объекта граничит с Ялтинским горно-лесным природным заповедником, располагается в проектных границах его охранной зоны.

Частично лесные участки в квартале № 63 части выделов № 1, 2, 4, 24, 25, 27 (общей площадью 2,9249 га) и в квартале № 66 части выделов № 4, 19, 28, 30, 43, 47, 48, 51 (общей площадью 1,7834 га) входят в состав государственного природного заказника Республики Крым «Ай-Петринская яйла».

Также, согласно лесохозяйственного регламента Куйбышевского лесничества, на территории лесничества запрещено размещение линейных объектов, за исключением линейных объектов.

Участки лесного фонда, пересекаемые проектируемыми объектами представлены на рисунке 2.

Схема расположения объекта «Строительство магистрального газопровода Ялта-Ферос-Севастополь (участок Ялта-Веселое)» на территории лесного фонда Куйбышевского лесничества

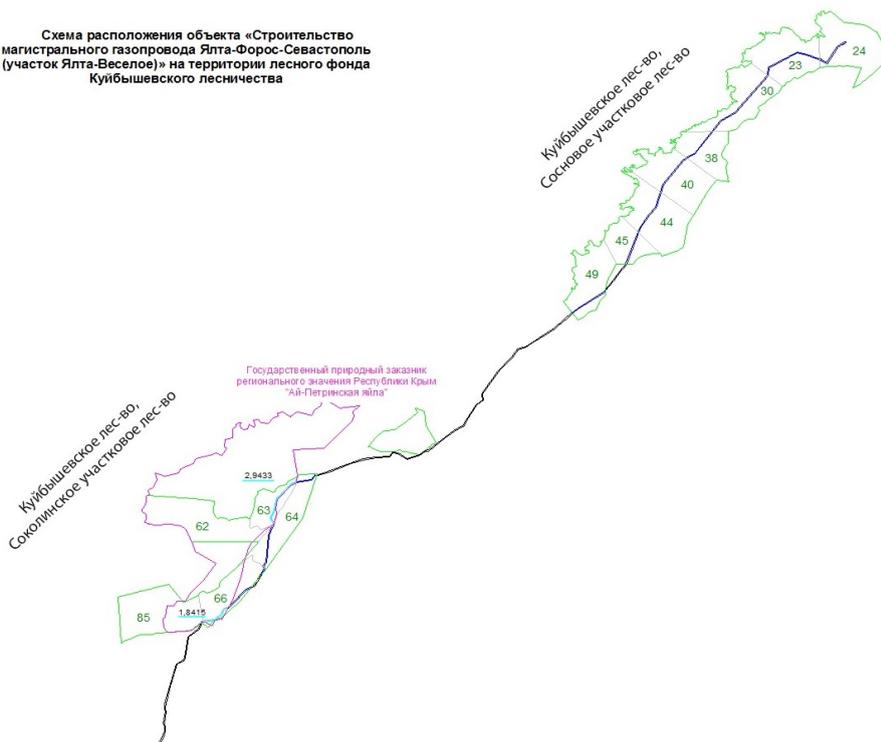


Рисунок 2 — Участки лесного фонда, пересекаемые проектируемым линейным объектом

В целях размещения линейного объекта была утверждена документация по планировке территории (в составе проекта межевания и планировки территории). Данная документация разрабатывалась в частности и для образования земельных участков в целях размещения линейного объекта на землях лесного фонда. Информация по образуемым земельным участкам представлена в основной утверждаемой части проекта межевания территории. Органом по утверждению документации являлось Министерство энергетики Российской Федерации.

Целевое назначение лесов, виды разрешённого использования лесных участков, количественные и качественные характеристики лесных участков были составлены на основании данных государственного лесного реестра и материалов лесоустройства (табл. 1–3). Согласно сведениям, территория испрашиваемых лесных участков относится к категории защитных лесов — ценные леса, противозерозийные леса.

Таблица 1 — Распределение земель

Общая площадь, га	В том числе						
	Лесные земли					Нелесные земли	
	занятые лесными насаждениями, всего	в том числе покрытые лесными культурами	лесные питомники, плантации	не занятые лесными насаждениями	итого	дороги, просеки, болота	другие
23,2454	2,3469	2,3469	—	—	2,3469	—	20,8985

Таблица 2 — Виды и объёмы использования лесов на проектируемом лесном участке

Целевое назначение лесов	Хозяйство (хвойное, твёрдолиственное, мягколиственные)	Площадь, га	Объёмы использования лесов, га
Вид использования лесов — строительство, реконструкция, эксплуатация линейных объектов			
Защитные леса	Хвойное	23,2454	23,2454

На территории лесных кварталов Соснового и Соколиного участковых лесничеств Куйбышевского лесничества не имеется установленных обременений, и объекты, не связанные с созданием лесной инфраструктуры, отсутствуют.

Кроме этого, строительство линейного объекта планируется осуществлять в границах «Зоны с особой архитектурно-планировочной организацией территории» на территории установленных границ муниципального образования «Городской округ Ялта Республики Крым». Вышеуказанная зона внесена в ЕГРН и имеет присвоенный учётный номер 90.25.2.91.

Таблица 3 — Средние таксационные показатели насаждений проектируемого лесного участка

Целевое назначение лесов	Хозяйство преобладающая порода	Состав насаждений	Возраст	Бонитет	Полнота	Средний запас древесины, м ³ /га		
						средне-возрастные	приспевающие	спелые и перестойные
Защитные	—	скала						
Защитные	—	яйла						
Защитные	—	газопровод						
Защитные	Хвойное, Со	10Со	53	5а	0,7	35		
Защитные	—	яйла						
Защитные	Хвойное, Со	10Со	53	5а	0,6	30		
Защитные	Хвойное	9Со1Скр	54	5а	0,7	35		
Защитные	Хвойное, Со	10Со	52	5а	0,6	30		

Согласно ст. 3 Закона Республики Крым от 07.07.2017 № 409-ЗРК/2017 «Об особенностях создания в Республике Крым зон с особой архитектурно-планировочной организацией территории» (далее по тексту — настоящий Закон), до утверждения правил землепользования и застройки в отношении территорий, включённых в границы архитектурно-планировочной зоны, Совет министров Республики Крым или уполномоченный им исполнительный орган государственной власти Республики Крым осуществляет полномочия в границах данной зоны, а именно согласовывает схему расположения земельного участка на кадастровом плане территории [7]. Однако в соответствии со ст. 4 настоящего Закона разрешается строительство объектов капитального строительства и размещение иных объектов, имеющих особое социальное значение для Республики Крым.

Линейный объект имеет стратегическую важность для территории Республики Крым, в связи с тем, что включён в Государственную программу Республики Крым «Газификация населённых пунктов Республики Крым», утверждённой постановлением Совета министров Республики Крым № 658 от 05.12.2017 [8]. Строительство линейного объекта направлено на повышение обеспеченности природным газом городского округа Ялты и прилегающих негазифицированных населённых пунктов.

Следовательно, в связи с вышеуказанным, размещение линейного объекта является согласованным правительством Республики Крым, и работы, связанные с разработкой и согласованием схемы расположения земельного участка на кадастровом плане территории, не требуются.

Затем были подготовлены межевые планы в связи с образованием земельных участков на землях лесного фонда. В результате выполнения кадастровых работ были внесены сведения о лесных участках в ЕГРН (рис. 3–5) с видом разрешённого использования: строительство, реконструкция, эксплуатация линейных объектов, а именно:

- 90:00:000000:1202, адрес: Куйбышевское лесничество, Сосновое участковое лесничество, квартал 24 выделы 9, 36, части выделов 7, 8, 18, 22, 23, 24, 26, 32, квартал 23, выдел 14, части выделов 3, 9, 10, 12, 13, квартал 30 выделы 12, 29, 30, части выделов 5, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 21, 24, 26, квартал 38, выдел 24, части выделов 12, 14, 23, квартал 40 выделы 19, 49, 50, части выделов 1, 5, 6, 7, 12, 16, 23, 25, 26, 29, 31, квартал 44, выдел 39, части выделов 11, 15, 20, 22, 25, 26, квартал 45, выдел 24, части выделов 14, 21, 22, площадь 232 453 м²;
- 90:00:000000:1203, адрес: Республика Крым, Бахчисарайский р-н, Куйбышевское лесничество, Соколинское участковое лесничество, квартал 63, части выделов 1, 2, 4, 24, 25, 27, квартал 64, части выделов 1, 4, 27, 33, 34, 40, квартал 64, часть выдела 49, квартал 66 часть выдела 4; площадь 69 924 м²;
- 90:00:000000:1204, адрес: Республика Крым, Бахчисарайский р-н, Куйбышевское лесничество, Соколинское участковое лесничество, квартал 66 части, выделов 4, 19, 28, 30, 43, 47, 48, 51, квартал 85 части, выделов 33, 44; площадь 34 630 м²;
- 90:00:000000:1205, адрес: Республика Крым, Бахчисарайский р-н, Куйбышевское лесничество, Сосновое участковое лесничество, квартал 49, выделы 15, 37, 38, часть выделов 10, 11, 26, 31, 32, 35; площадь 21 134 м².

Также в целях сопоставимости достоверности информации, касающейся земель лесного фонда, помимо вышеуказанных работ, были использованы следующие способы:

- анализ и привязка имеющихся спутниковых космоснимков и картографических материалов;
- использование технических отчётов по результатам инженерно-экологических изысканий для подготовки проектной документации;
- сбор, обработка и анализ опубликованных и фондовых материалов и данных о состоянии природной среды;
- обработка результатов рекогносцировочных обследований для получения качественных, количественных показателей и характеристики состояния экологической обстановки, а также комплексной ландшафтной характеристики территории.

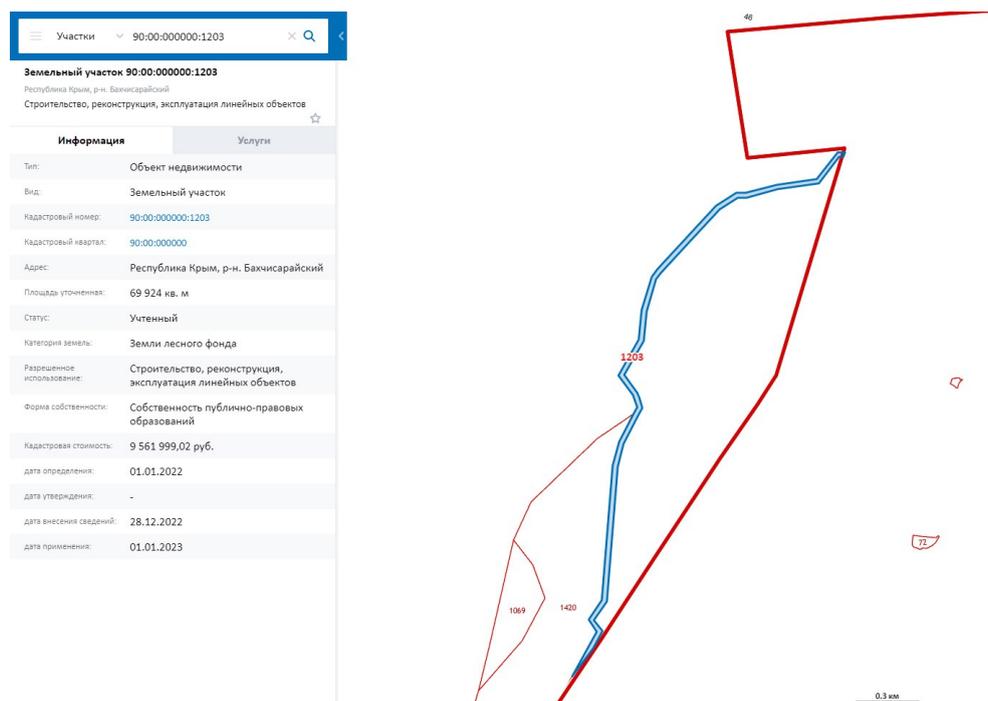


Рисунок 3 — Земельный участок с кадастровым номером 90:00:000000:1203

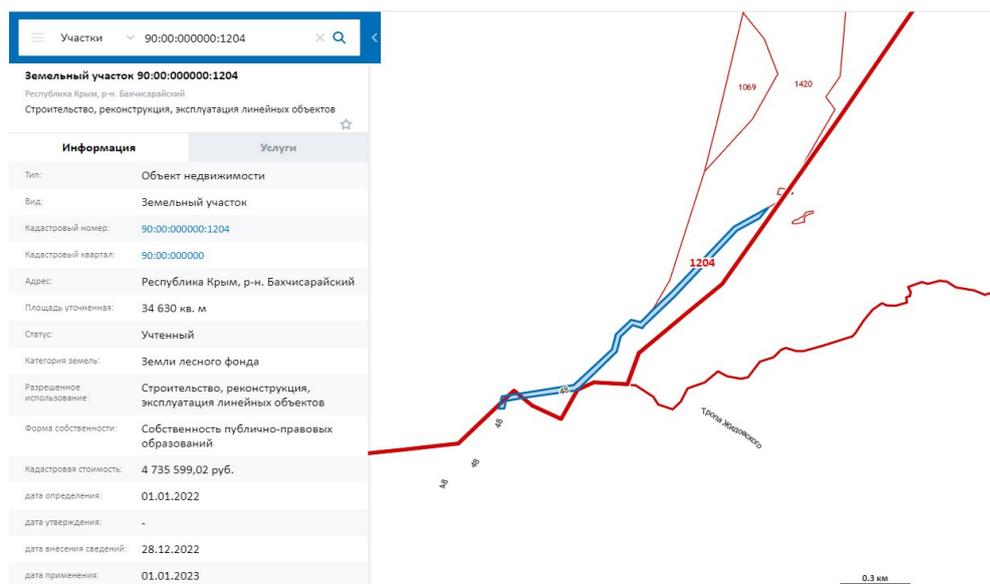
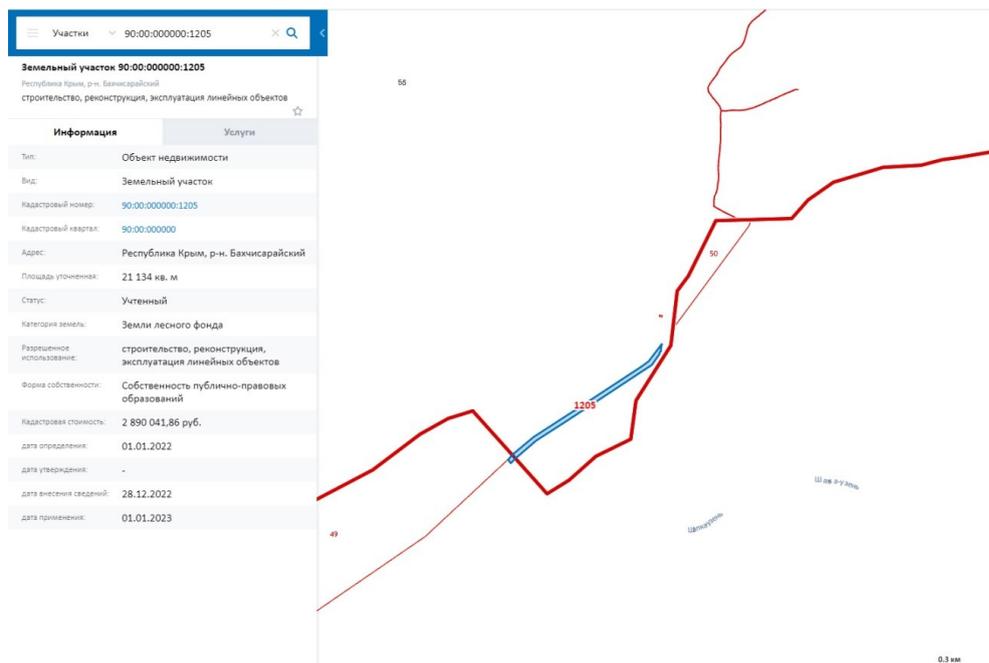


Рисунок 4 — Земельный участок с кадастровым номером 90:00:000000:1204



Заключение

Подводя итоги вышесказанному, необходимо выделить, что требования земельного и лесного законодательства в части выделения лесных участков под строительство линейных объектов имеют различные модификации. На примере законодательства Республики Крым были приведены отличительные особенности образования лесных участков для строительства линейных объектов, имеющих существенную значимость для населения. Данная специфичность упрощает образование и внесения сведений о лесных участках в ЕГРН.

Список литературы

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ ред. от 30.12.2021 // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации. No 190-ФЗ от 29.12.2004 (посл. изм. No 350-ФЗ от 14.07.2022) // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
3. Федеральный закон «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» от 21.12.2004 N 172-ФЗ // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
4. Приказ Рослесхоза от 10.06.2011 N 223 «Об утверждении Правил использования лесов для строительства, реконструкции и эксплуатации линейных объектов» // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
5. Приказ Минсельхоза РФ от 5 февраля 2010 г. № 28 «Об утверждении правил использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линий электропередачи, линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов» // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
6. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 No136-ФЗ // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
7. Закон Республики Крым от 07.07.2017 N 409-ЗРК/2017 «Об особенностях создания в Республике Крым зон с особой архитектурно-планировочной организацией территории» (принят Государственным Советом Республики Крым 07.07.2017) // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
8. Постановление Совета министров Республики Крым от 05 декабря 2017 года № 658 «Об утверждении Государственной программы Республики Крым «Газификация населенных пунктов Республики Крым» // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
9. Указ Главы Республики Крым от 24.01.2020 №12-У «Об утверждении «Об утверждении Лесного плана Республики Крым» // Справочно-правовая система «Консультант-плюс» / Компания «Консультант-плюс».
10. Вдовенко А. В., Яськевич М. В. Особенности установления зоны публичного сервитута для размещения инженерных сооружений на территории Республики Крым // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2019. № 1–3. С. 290–294. EDN UIVTVE.

References

1. Forest Code of the Russian Federation of 04.12.2006 N 200-FZ ed. from 30.12.2021). *Legal reference system "Consultant-plus" / Company "Consultant-plus"* (In Russ.).
2. Urban Planning Code of the Russian Federation. No. 190-FZ of 29.12.2004 (post. ed. No. 350-FZ of 14.07.2022). *Legal reference system "Consultant-plus" / Consultant-plus Company* (In Russ.).
3. Federal Law "On the Transfer of land or land plots from one category to another" dated 21.12.2004 N 172-FZ. *Legal Reference System Consultant-plus / Consultant-plus Company* (In Russ.).
4. Order of the Federal Forestry Agency dated 10.06.2011 N 223 "On approval of the Rules for the use of forests for construction, reconstruction and operation of linear objects". *Reference and legal system "Consultant-plus" / Consultant-plus Company* (In Russ.).
5. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated February 5, 2010 No. 28 "On approval of the rules for the use of forests for the construction, reconstruction, operation of power transmission lines, communication lines, roads, pipelines and other linear objects". *Legal reference system "Consultant-plus" / Company "Consultant-plus"* (In Russ.).
6. Land Code of the Russian Federation of 25.10.2001 No136-FZ. *Reference and legal system "Consultant-plus" / Company "Consultant-plus"* (In Russ.).
7. The Law of the Republic of Crimea dated 07.07.2017 N 409-ZRK/2017 "On the specifics of creating zones in the Republic of Crimea with a special architectural and planning organization of the territory" (adopted by the State Council of the Republic of Crimea on 07.07.2017). *Legal reference system "Consultant-plus" / Company "Consultant-plus"* (In Russ.).
8. Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea dated December 05, 2017 No. 658 "On approval of the State Program of the Republic of Crimea "Gasification of settlements of the Republic of Crimea". *Legal reference system "Consultant-plus" / Company "Consultant-plus"* (In Russ.).
9. Decree of the Head of the Republic of Crimea dated 24.01.2020 No. 12-U "On approval of the Forest Plan of the Republic of Crimea". *Legal reference system "Consultant-plus" / Consultant-plus Company* (In Russ.).
10. Vdovenko A. V., Yaskevich M. V. Features of establishing a public easement zone for the placement of engineering structures on the territory of the Republic of Crimea. *Far East: problems of development of the architectural and construction complex*. 2019;1-3:290–294. EDN UIVTVE (In Russ.).

Информация об авторах

Терехова М. В. — аспирант.

Information about the authors

Terehova M. V. — postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 06.04.2023; одобрена после рецензирования 22.04.2023; принята к публикации 12.05.2023.

The article was submitted 06.04.2023; approved after reviewing 22.04.2023; accepted for publication 12.05.2023.

*Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 2 (89). С. 122–129.
Geology, Geography and Global Energy. 2022;2(89):122–129 (In Russ.).*

Научная статья
УДК 551.463
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_122

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ
ЗАРЯЖЁННОЙ КАПЛИ ВОДЫ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**

Добровольский Иоанн Александрович¹, Чирков Владимир Александрович², Дерновский Вячеслав Львович³✉

^{1, 2} Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³ Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия

¹ i.dobrovolsky@spbu.ru

² v.chirkov@spbu.ru

³ vldernovsky@gmail.com✉

Аннотация. Объектом исследования является двухфазная система, состоящая из капли воды, окружённой диэлектриком. Примером может служить аэрозоль, возникающая над поверхностью океана. Воздействие сильного электрического поля приводит к возникновению диссоциационно-рекомбинационных заряженных слоёв, а также к электрогидродинамическому течению, влияние которого изучено при различной подвижности ионов в условиях недостаточной проводимости используемой жидкости. Показано, что результаты зависят от значения безразмерного параметра, определяющего структуру распределения пространственного заряда. Капля воды заряжается, и на её движение влияет дополнительная электрическая сила, причём аналогичный эффект проявляется и в случае двух капель, находящихся на небольшом расстоянии друг от друга.

Ключевые слова: диссоциационно-рекомбинационные заряженные слои, математическое моделирование, двухфазная жидкость, аэрозоль, капля воды

Для цитирования: Добровольский И. А., Чирков В. А., Дерновский В. Л. Численное моделирование закономерностей движения заряженной капли воды в диэлектрической жидкости при воздействии сильного электрического поля // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 122–129. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_122.

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10078, <https://rscf.ru/project/22-79-10078/>.

**NUMERICAL MODELING OF THE REGULARITIES OF MOTION
OF A CHARGED WATER DROP IN A DIELECTRIC LIQUID
UNDER THE INFLUENCE OF A STRONG ELECTRIC FIELD**

Ioann A. Dobrovolskii¹, Vladimir A. Chirkov², Vyacheslav L. Dernovskiy³✉

^{1, 2} Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³ Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, Russia

¹ i.dobrovolsky@spbu.ru

² v.chirkov@spbu.ru

³ vldernovsky@gmail.com✉

Abstract. The object of study is a two-phase system consisting of a drop of water surrounded by a dielectric. Aerosol that occurs over the surface of the ocean is an example. The action of a strong electric field leads to the appearance of dissociation-recombination charged layers, as well as to an electrohydrodynamic flow, the effect of which was studied at different ion mobilities under conditions of insufficient conductivity of the liquid used. Results depend on the value of the dimensionless parameter that determines structure of space charge distribution. A drop of water is charged, and its movement is affected by an additional electric force, and a similar effect occurs in the case of two drops located at a short distance from each other.

Keywords: dissociation-recombination charged layers, mathematical modeling, two-phase liquid, aerosol, water drop

For citation: Dobrovolskii I. A., Chirkov V. A., Dernovskiy V. L. Numerical modeling of the regularities of motion of a charged water drop in a dielectric liquid under the influence of a strong electric field. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):122–129 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_122.

Acknowledgments: the study was supported by Russian Science Foundation, research project № 22-79-10078, <https://rscf.ru/project/22-79-10078/>.

Одним из основных источников аэрозолей в атмосфере является испарение с поверхности океана. Аэрозольные частицы могут находиться в нескольких состояниях: твёрдая основа из морских солей с адсорбированными молекулами воды, твёрдые частицы с покрытием из водно-солевого раствора, микрокапли водно-солевого раствора различной концентрации [1; 2]. Часть аэрозольных частиц образуется в результате «взрывания» пузырьков воздуха, при этом их количество экспоненциально зависит от скорости ветра [3]. При слабом ветре (меньше 5 м/с) изменение количества частиц может быть вызвано другими типами воздействий.

В случае воздействия на капли сильно электромагнитного поля проблема может быть рассмотрена как задача электрогидродинамики (ЭГД).

Традиционная постановка задачи ЭГД подразумевает, что зарядка объёмов жидкости происходит за счёт процесса так называемой инжекции или из-за дисбаланса между процессами диссоциации и рекомбинации [4]. Новые исследования связаны с возникновением ЭГД течений, вызванных диссоциационным механизмом зарядообразования [5–7]. Подобные течения имеют место и в двухфазных жидкостях. Хорошо известными примерами являются капельная электродеформация или электрокоалесценция.

Будем рассматривать окружение капли как слабопроводящую среду, а не как идеальный диэлектрик. Обязательным условием для моделирования ЭГД течений является равенство подвижностей ионов. Однако противоположно заряжённые ионы в среде могут иметь разные значения подвижности.

Целью исследования являлось изучение влияния различных значений подвижности ионов на процесс деформации капли, в том числе на её зарядку и движение.

Математическая модель

Небольшая капля воды помещена в центр ячейки, между двумя плоскими высоковольтными электродами. Остальной объём заполнен слабопроводящей жидкостью. Схема модели представлена на рисунке 1.

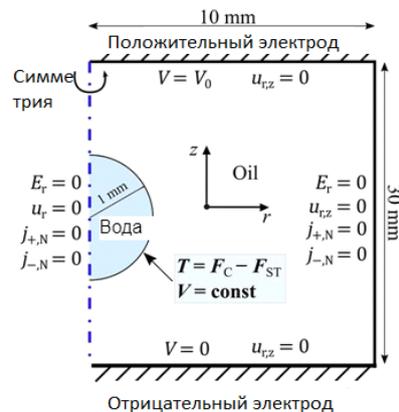


Рисунок 1 — Схема численного математического моделирования

Свойства жидкости аналогичны свойствам оливкового масла. Жидкости не смешиваются и действие силы тяжести не учитывается. Таким образом, все движения вызываются действием электрического поля. Электропроводность воды настолько высока, что поверхность раздела двух фаз можно рассматривать как эквипотенциальную поверхность. Нормаль к границе раздела является внешней по отношению к объёму масла.

В расчёте математической модели использовался пакет программ “COMSOL Multiphysics®”, основанный на методе конечных элементов для решения системы ЭГД уравнений для изотермических несжимаемых жидких диэлектриков [6]:

$$\operatorname{div}(\vec{E}) = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial n_{\pm}}{\partial t} + \operatorname{div}(\vec{J}_{\pm}) = W_0 - \alpha_r n_+ n_-, \quad (2)$$

$$\rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \rho(\vec{u}, \nabla) \vec{u} = -\nabla p + \nabla \cdot \eta(\nabla \vec{u} + \nabla \vec{u}^T) + q \vec{E}, \quad (3)$$

$$\operatorname{div}(\vec{u}) = 0. \quad (4)$$

Перенос ионов через слабопроводящую жидкость рассчитывается при помощи уравнений Нернста – Планка (2). Уравнения 3 и 4 применяются как для воды, так и для масла [10]. Система уравнений дополнена следующими выражениями:

$$\vec{E} = -\nabla V, \quad (5)$$

$$\vec{j}_{\pm} = \pm n_{\pm} b_{\pm} \vec{E} - d_{\pm} \nabla n_{\pm} + n_{\pm} \vec{u}, \quad (6)$$

$$q = e(n_{+} - n_{-}), \quad (7)$$

$$d_{\pm} = \frac{k_B T_0}{e} b_{\pm}, \quad (8)$$

$$W_0 = \sigma_0^2 / e(b_{+} + b_{-}) \epsilon \epsilon_0, \quad (9)$$

$$\alpha_r = e(b_{+} + b_{-}) / \epsilon \epsilon_0. \quad (10)$$

Здесь E — напряжённость электрического поля;

q — плотность объемного заряда;

ϵ — относительная электрическая проницаемость жидкого диэлектрика;

ϵ_0 — диэлектрическая проницаемость вакуума (электрическая постоянная);

V — электрический потенциал;

n — концентрация ионов;

j — плотность потока ионов;

b — подвижность ионов;

d — коэффициент диффузии;

u — скорость жидкости;

p — давление;

e — элементарный электрический заряд;

ρ — массовая плотность;

η — динамическая вязкость;

T_0 — температура;

k_B — постоянная Больцмана;

σ_0 — низковольтная проводимость;

W_0 — интенсивность диссоциации;

α_r — коэффициент;

t — время.

Предполагается, что ионы являются одновалентными и имеют равные значения коэффициентов диффузии ($d_{+} = d_{-} \equiv d$).

Моделирование многофазной среды проводится на основе произвольного Лагранжево-Эйлерова подхода [11; 12]. В этом подходе граница между двумя фазами представляется в виде линии геометрии, которая на протяжении всего расчёта двигается в соответствии с рассчитанным значением скорости:

$$\vec{u}_{\text{water}} = \vec{u}_{\text{oil}} = \vec{u}_{\text{boundary}}.$$

Помимо давления на интерфейс действуют две силы: электрическая кулоновская сила (F_C) и сила поверхностного натяжения (F_{ST}):

$$F_{ST} = 2\gamma H, \quad (11)$$

$$F_C = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E_N^2, \quad (12)$$

где γ — это коэффициент межфазного натяжения;

H — средняя кривизна;

E_N — это нормальная компонента напряженности электрического поля на интерфейсе.

Граничные условия на границе раздела двух фаз определены в подвижной системе координат, и они совпадают с граничными условиями на электродах, где скорость жидкости равна нулю:

$$j_{+,N} = \begin{bmatrix} +n_{+} b_{+} E_N - d \nabla n_{+}, \vec{E} \uparrow \vec{N} \\ 0, \vec{E} \downarrow \vec{N} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

$$j_{-,N} = \begin{bmatrix} 0, \vec{E} \uparrow \vec{N} \\ -n_{-} b_{-} E_N - d \nabla n_{-}, \vec{E} \downarrow \vec{N} \end{bmatrix}. \quad (14)$$

$j_{+,N}$ и $j_{-,N}$ могут быть интерпретированы как потоки через границу. Соответствующие условия называются условиями гибели заряда. Если потоки через границу различны, то капля будет накапливать заряд Q , который может быть определён следующим образом:

$$dQ/dt = \oint e(j_{+,N} - j_{-,N})dS, \quad (15)$$

где интегрирование проводится по всей поверхности капли. Возникающий заряд перераспределяется по поверхности капли таким образом, чтобы выполнялось условие эквипотенциальности капли.

Токопрохождение сквозь слабопроводящую жидкость зависит как от свойств жидкости, так и от конфигурации электродов. В случае однородных или слабонеоднородных распределений электрического поля оказывается, что есть лишь один ключевой безразмерный параметр, который определяет структуру объёмного заряда [5; 13; 14]. В данной работе используется тот же самый параметр с точностью до поправки на различные значения подвижности положительных и отрицательных ионов — используется большее из двух значений подвижности.

$$P^* = \frac{\sigma_0 L^2}{b_+ V_0 \epsilon \epsilon_0}, \quad (16)$$

$$b_- = b_+ / k. \quad (17)$$

где $b_+ = 10^{-9} \text{ м}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$ и считается постоянной;

$V_0 = 9 \text{ кВ}$ — напряжение;

L — это межэлектродное расстояние;

k — отображает асимметрию в значениях подвижности ионов.

Различные значения безразмерного параметра P^* достигались за счёт варьирования проводимости масла:

$$\sigma_0 = 2,5 \cdot 10^{-13} - 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ См/м.}$$

Таблица 1 — Свойства рабочих жидкостей

Свойство	Значение
ϵ	2,85
ρ_{oil}	910 kg/m ³
γ	16 · 10 ⁻³ N/m
η_{oil}	0.065 Pa · s
d	2,5 · 10 ⁻¹⁰ м ² /с
ρ_{water}	998 kg/m ³
η_{water}	0,001 Pa · s

Результаты и их обсуждение

При приложении электрического поля из-за более высокой электропроводности воды, по сравнению с маслом, электрическое поле выталкивается из капли, и на границе раздела индуцируется поверхностный заряд. Верхняя половина капли заряжается отрицательно (в соответствии с полярностью электродов, показанной на рис. 1), а нижняя — положительно. На этот заряд действует электрическое поле, под его действием капля вытягивается вдоль направления поля и происходит электродеформация.

В случае равных значений подвижностей ионов ($k = 1$) заряженные слои возникают вблизи границы раздела капель и поверхностей электродов. Указанные заряженные слои влияют на степень деформации капли, а также на выраженность её течения вблизи границы капли. Это происходит за счёт возникновения ЭГД течений диссоциационного типа. Данный процесс подробно изучен и описан в работах современных авторов [5], которые доказали, что капля остаётся в центре межфазного пространства.

На рисунке 2 представлена временная зависимость вертикального смещения центра масс капли ($Z_c(t)$) для различных случаев. График позволяет проанализировать, стремится ли капля двигаться к электроду ($Z_c(t) \neq 0$) или остаётся в центре межэлектродного промежутка ($Z_c(t) = 0$). Когда подвижность ионов равна ($k = 1$), Z_c не движется.

Небольшое значение смещения капли не может быть объяснено с точки зрения действующих сил, а является исключительно численной ошибкой, которая проявляется в смещении капли из положения неустойчивого равновесия.

Ситуация резко меняется в случае значимого различия подвижностей ионов ($k = 10$). Первоначально капля электронейтральна ($Q = 0$). Благодаря этому обстоятельству, на границу капли попадает разное количество положительных и отрицательных ионов, что приводит к ненулевому полному электрическому току, и капля накапливает дополнительный заряд.

Зависимость заряда капли от времени. Различные значения безразмерного параметра P^* показаны на рисунке 3.

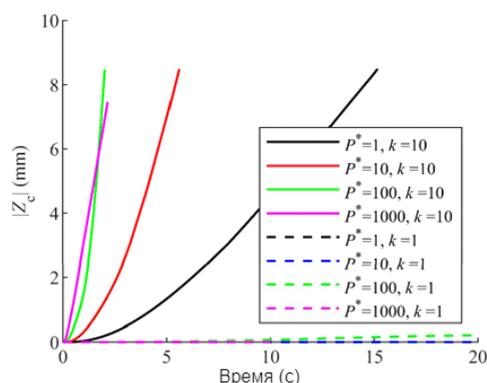


Рисунок 2 — Зависимость вертикального смещения центра масс капли, от времени для различных значений безразмерного параметра $P^* = 1, 10, 100, 1000$ и $k = 1, 10$

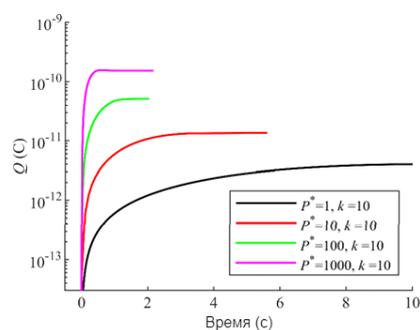


Рисунок 3 — Зависимость избыточного заряда капли от времени для различных значений безразмерного параметра $P^* = 1, 10, 100, 1000$ и $k = 10$

Чем больше значение P^* , тем сильнее влияние приграничных заряженных слоев и, как следствие, выше заряд капли. На положительно заряженную каплю действует электрическая сила, которая заставляет её двигаться вниз, к отрицательному электроду. Зависимость величины вертикального смещения $Z_c(t)$ показана на рисунке 2.

Для разных значений параметра P^* : чем больше значение P^* , тем быстрее смещается капля, т. к. заряд для большей P^* выше, тогда как электрическая сила пропорциональна заряду.

Зависимость заряда от времени, которая подставлена на рисунке 3, можно объяснить следующим образом. Как было описано выше, капля ведёт себя как электропроводящая сфера в электрическом поле, поле внутри капли отсутствует, а заряд перераспределяется по поверхности капли так, что положительный заряд собирается в её нижней половине, а отрицательный — в верхней части. В этом случае возникает дефицит ионов с тем же зарядом, что и на поверхности капли, что приводит к возникновению пространственного заряда. Объём вблизи нижней половины капли становится отрицательно заряженным (т. е. возникает дефицит положительных ионов), а объём вблизи верхней половины становится положительно заряженным. Когда капля начинает двигаться вниз, площадь отрицательного объёмного заряда, окружающего каплю, увеличивается (рис. 4) и, таким образом, площадь поверхности капли, на которой могут разряжаться положительные ионы, уменьшается.

В конечном итоге потоки положительных и отрицательных ионов выравниваются и заряд капли перестаёт накапливаться.

Влияние накопления заряда на сближение капли

Далее рассматривается влияние зарядки капли на процесс электрокоалесценции (точнее, на процесс сближения капель, предшествующий самой коалесценции). Постановка задачи предполагает наличие двух капель, изначально расположенных на небольшом расстоянии друг от друга по оси; середина между ними устанавливается как $Z = 0$. Как и в случае одиночной капли, электрическое поле индуцирует противоположные по знаку заряды с обеих сторон капели. Между каплями возникает диполь-дипольное притяжение, и они начинают сближаться.

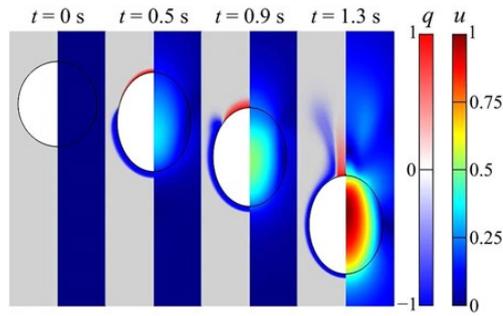


Рисунок 4 — Распределение плотности пространственного заряда и поверхностное распределение скорости жидкости (правая часть рисунка) для последовательных моментов времени в процессе перемещения капли ($t = 0, 0,5, 0,9, 1,3$ s) в случае $P = 100, k = 10$.

При $k = 1$ капли ведут себя одинаково: верхняя капля движется так же, как и нижняя, только в противоположном направлении (рис. 5, синяя пунктирная линия). Координаты ближайших полюсов капель симметричны относительно координаты $Z = 0$. В случае различных подвижностей ($k = 10$) капли встречаются ниже точки $Z = 0$, поскольку в этом случае капли заряжаются и начинают двигаться вниз (так же, как это было в случае с отдельной каплей). Тем самым, верхняя капля проходит большее расстояние, чем нижняя (рис. 5, красная сплошная линия).

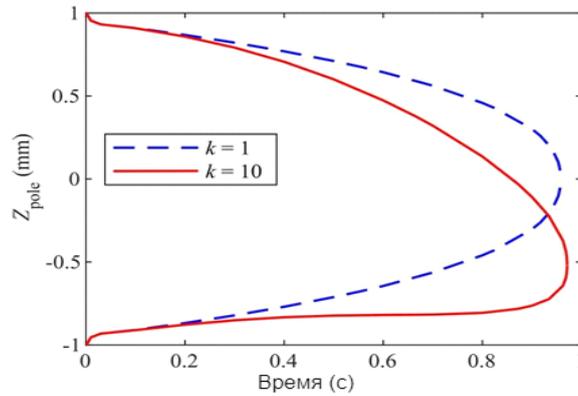


Рисунок 5 — Зависимость Z-координаты от времени внутренних (ближайших) полюсов

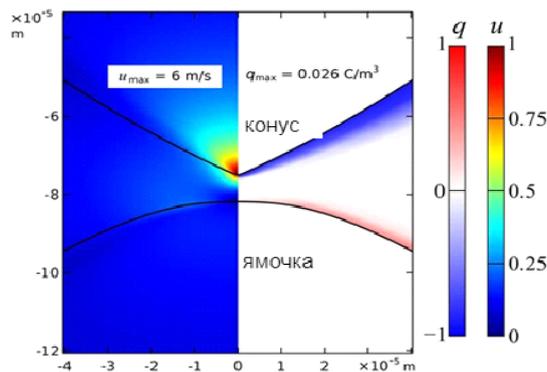


Рисунок 6 — Нормированное поверхностное распределение скорости жидкости (левая часть рисунка) и распределения плотности пространственного заряда (правая часть рисунка) до касания капель друг друга (расстояние между каплями 10 мкм)

Для более наглядной демонстрации эффекта при расчёте использована $V_0 = 6$ кВ ($P^* = 100$ и $k = 1, 100$). По мере увеличения напряжения время приближения уменьшается, и эффект ослабевает.

Получение режима «конус – лунка» в численном моделировании

Различие в значениях подвижности ионов может приводить к несимметричности формы равных капель до соприкосновения друг с другом, т. е. одна капля заостряется, а другая прогибается (вдавливается) внутрь. Соответствующий случай в оригинальной экспериментальной работе [15] был назван режимом коалесценции «конус – лунка» (или «конус – ямочка»). При проведении численного моделирования до тех пор, пока расстояние между каплями не станет достаточно малым, порядка 10 мкм при 9 кВ, можно получить асимметричную форму капель. Насколько нам известно, этот эффект ранее не был получен при численном моделировании, и способность численных моделей описывать указанный процесс была отмечена как сомнительная.

Заключение

ЭГД течения вблизи противоположно заряженных полюсов капель симметричны при равной подвижности ионов равны. При различной подвижности ионов, капля заряжается и начинает двигаться к электроду. Эффект можно использовать для изучения изменения состава аэрозолей над поверхностью океана, а полученные результаты могут объяснить движение первоначально незаряженной проводящей капли, взвешенной в слабо проводящей жидкости.

Случай асимметричной формы капель, до их контакта (режим электрокоалесценции конус-лунка), может быть обусловлен асимметрией значений подвижностей ионов.

Список литературы

1. Аршинов М. Ю. Исследования атмосферных наночастиц и их роли в формировании дисперсного состава аэрозоля. Томск: СО РАН, 2006.
2. Ивлев Л. С., Довгалюк Ю. А. Физика атмосферных аэрозольных систем. Санкт-Петербург: НИИХ СПбГУ, 2000.
3. Ивлев Л. С. Механизмы образования и распада атмосферных аэрозолей и облачности, и их экологическое значение. Москва: Биосфера, 2013.
4. Byuanov A. V., Dernovsky V. L., Stishkov Y. K. Interelectrode gap size influence on EHD flow kinematics. URL: https://www.researchgate.net/publication/4168405_Interelectrode_gap_size_influence_on_EHD_flow_kinematics.
5. Atten P., Seyed-Yagoobi J. Electrohydrodynamically induced dielectric liquid flow through pure conduction in point/plane geometry // IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. 2003. Vol. 10. P. 27–36.
6. Seyed-Yagoobi J. Electrohydrodynamic pumping of dielectric liquids // J. Electrostat. 2005. Vol. 63. P. 861–869.
7. Vázquez P. A., Talmor M., Seyed-Yagoobi J., Traoré P., Yazdani M. In-depth description of electrohydrodynamic conduction pumping of dielectric liquids: Physical model and regime analysis // Phys. Fluids. 2019. Vol. 31. P. 113601.
8. Chirkov V. A., Dobrovolskii I. A., Vasilkov S. A. The interaction between two electrohydrodynamics phenomena when an electric field affects a two-phase immiscible liquid // Physics of Fluids. 2021. Vol. 33. P. 043310.
9. Castellanos A. Electrohydrodynamics. Vienna: Springer Vienna, 1998.
10. Raisin J., Reboud J.-L., Atten P. Electrically induced deformations of water – air and water – oil interfaces in relation with electrocoalescence // J. Electrostat. 2011. Vol. 69. P. 275–283.
11. Hirt C., Amsden A., Cook J. An arbitrary Lagrangian-Eulerian computing method for all flow speeds // J. Comput. Phys. 1974. Vol. 14. P. 227–253.
12. Utiugov G., Chirkov V., Reznikova M. Application of the arbitrary Lagrangian-Eulerian method to simulate electrical coalescence and its experimental verification // Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol. 2021. Vol. 15, № 2. P. e02009.
13. Chirkov V. A., Shaposhnikov A. M., Stishkov Y. K. Structure of near-electrode dissociation-recombination layers under DC stress // J. Phys. Conf. Ser. 2015. Vol. 646. P. 012032.
14. Stishkov Y. K., Chirkov V. A. Nonequilibrium mechanisms of weak electrolyte electrification under the action of constant voltage // Tech. Phys. 2016. Vol. 61. P. 957–964.
15. Anand V., Juvekar V. A., Thaokar R. M. Modes of coalescence of aqueous anchored drops in insulating oils under an electric field // Colloids Surfaces: A Physicochem. Eng. Asp. 2019. Vol. 568. P. 294–300.

References

1. Arshinov M. Yu. *Studies of atmospheric nanoparticles and their role in the formation of aerosol dispersed composition*. Tomsk: SB RAS; 2006 (In Russ.).
2. Ivlev L. S., Dovgalyuk Yu. A. *Physics of atmospheric aerosol systems*. St. Petersburg: NIIKH SPbSU; 2000 (In Russ.).
3. Ivlev L. S. *Mechanisms of formation and decay of atmospheric aerosols and clouds, and their ecological significance*. Moscow: Biosphere; 2013 (In Russ.).
4. Byuanov A. V., Dernovsky V. L., Stishkov Y. K. *Interelectrode gap size influence on EHD flow kinematics*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/4168405_Interelectrode_gap_size_influence_on_EHD_flow_kinematics (In Russ.).
5. Atten P., Seyed-Yagoobi J. Electrohydrodynamically induced dielectric liquid flow through pure conduction in point/plane geometry. *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.* 2003;10:27–36.
6. Seyed-Yagoobi J. Electrohydrodynamic pumping of dielectric liquids. *J. Electrostat.* 2005;63:861–869.

7. Vázquez P. A., Talmor M., Seyed-Yagoobi J., Traoré P., Yazdani M. In-depth description of electrohydrodynamic conduction pumping of dielectric liquids: Physical model and regime analysis. *Phys. Fluids*. 2019;31:113601.
8. Chirkov V. A., Dobrovolskii I. A., Vasilkov S. A. The interaction between two electrohydrodynamics phenomena when an electric field affects a two-phase immiscible liquid. *Physics of Fluids*. 2021;33:043310 (In Russ.).
9. Castellanos A. *Electrohydrodynamics*. Vienna: Springer Vienna; 1998.
10. Raisin J., Reboud J.-L., Atten P. Electrically induced deformations of water – air and water – oil interfaces in relation with electrocoalescence. *J. Electrostat.* 2011;69:275–283.
11. Hirt C., Amsden A., Cook J. An arbitrary Lagrangian-Eulerian computing method for all flow speeds. *J. Comput. Phys.* 1974;14:227–253.
12. Utiugov G., Chirkov V., Reznikova M. Application of the arbitrary Lagrangian-Eulerian method to simulate electrical coalescence and its experimental verification. *Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol.* 2021;15(2): e02009 (In Russ.).
13. Chirkov V. A., Shaposhnikov A. M., Stishkov Y. K. Structure of near-electrode dissociation-recombination layers under DC stress. *J. Phys. Conf. Ser.* 2015;646:012032 (In Russ.).
14. Stishkov Y. K., Chirkov V. A. Nonequilibrium mechanisms of weak electrolyte electrification under the action of constant voltage. *Tech. Phys.* 2016;61:957–964 (In Russ.).
15. Anand V., Juvekar V. A., Thaokar R. M. Modes of coalescence of aqueous anchored drops in insulating oils under an electric field. *Colloids Surfaces: A Physicochem. Eng. Asp.* 2019;568:294–300.

Информация об авторах

Добровольский И. А. — инженер-исследователь;
Чирков В. А. — кандидат физико-математических наук, доцент;
Дерновский В. Л. — кандидат технических наук, научный сотрудник;

Information about the authors

Dobrovolskii I. A. — Research Engineer;
Chirkov V. A. — Candidate of Sciences (Physical and Mathematical), Associate Professor;
Demovskiy V. L. — Candidate of Sciences (Engineering), 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 27.03.2023; одобрена после рецензирования 10.04.2023; принята к публикации 20.04.2023.

The article was submitted 27.03.2023; approved after reviewing 10.04.2023; accepted for publication 20.04.2023.

*Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 130–138.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):130–138 (In Russ.).*

Научная статья
УДК 504.3.054(614.442)
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_130

**КАЧЕСТВО ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ
КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Байчорова Эльвира Музафировна^{1✉}, Онищенко Вячеслав Валентинович²
^{1, 2} Карачаево-Черкесский государственный университет имени У. Д. Алиева, Карачаевск,
Карачаево-Черкессия, Россия

¹ Центр лабораторного анализа и технических измерений по Карачаево-Черкесской
Республике, Черкесск, Карачаево-Черкессия, Россия

¹ baychorman@mail.ru✉

² ovv333@mail.ru

Аннотация. В настоящее время проблема загрязнения воздуха и здоровье населения находятся в прямой зависимости. Насыщение атмосферы загрязняющими веществами является одним из главных факторов не только распространения многих опасных заболеваний, но и трансформации ландшафтов. В данной работе отражены исследования загрязнения атмосферного воздуха Карачаево-Черкесской Республики за десятилетний период наблюдений. Мониторинг проводился экоаналитической лабораторией филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО» — ЦЛАТИ по Карачаево-Черкесской Республике (далее — лаборатория) по территории региона путём отбора проб атмосферного воздуха в определённых точках с последующим анализом данных. На основании полученных данных рассчитаны индексы загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) загрязняющих веществ. Проанализирована заболеваемость населения региона, установлена корреляционная зависимость между нозологиями болезней и качеством атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, класс опасности, максимально разовые концентрации, среднегодовые концентрации, индексы загрязнения приземной атмосферы, служба здравоохранения, заболеваемость населения, нозологии, корреляция

Для цитирования: Байчорова Э. М., Онищенко В. В. Качество воздушной среды и здоровье населения Карачаево-Черкесской Республики // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 130–138. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_130.

AIR QUALITY AND PUBLIC HEALTH KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC

Elvira M. Baychorova^{1✉}, Vyacheslav V. Onishchenko²

^{1, 2} Karachay-Cherkess State University named after U. D. Aliyev, Karachayevsk,
Karachay-Cherkessia, Russia

² Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Karachay-Cherkess
Republic, Cherkessk, Karachay-Cherkessia, Russia

¹ baychorman@mail.ru✉

² ovv333@mail.ru

Abstract. Currently, the problem of air pollution and the health of the population are directly related. Filling the atmosphere with chemicals is one of the main factors not only in the spread of many dangerous diseases, but also in landscape transformation. This paper reflects studies of atmospheric air pollution in the Karachay-Cherkess Republic over a 10-year observation period. The monitoring was carried out by the ecoanalytic laboratory of the branch of the FSBI "CLATM in the Southern Federal District" - CLATM in the Karachay-Cherkess Republic (hereinafter referred to as the laboratory) on the territory of the region by sampling atmospheric air at certain points with subsequent data analysis. Based on the data obtained, the indices of atmospheric air pollution (ISA) of pollutants are calculated. The morbidity of the population of the region is analyzed, the correlation between the nosologies of diseases and the quality of atmospheric air is established.

Keywords: atmospheric air, pollutants, hazard class, maximum single concentrations, average annual concentrations, pollution indices of the surface atmosphere, health service, morbidity of the population, nosology, correlation

For citation. Baychorova E. M., Onishchenko V. V. Air quality and public health Karachay-Cherkess Republic. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):130–138 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_130.

Введение

Загрязнение атмосферы — одно из основных неблагоприятных последствий индустриализации современного мира [10]. Процессы, происходящие в контактной атмосфере региона под воздействием антропогенной деятельности, всё больше приобретают негативные последствия. Живая часть геосистем на данном этапе ещё сохраняет способность к саморегуляции, она пока нейтрализует наносимый человеком вред [1; 5]. Однако уже вырисовываются очертания предела, за которым возникает ситуация трансформации необходимого равновесия. В этом случае происходит геоэкологический коллапс, с которым люди уже столкнулись в некоторых регионах мира [9].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), совокупное воздействие загрязнения окружающего воздуха и воздушного пространства внутри жилых помещений является фактором преждевременной смерти 6,7 млн человек в год [1; 7; 8; 15]. Согласно официальным данным, показатели качества атмосферного воздуха в Карачаево-Черкессии превосходят среднероссийские, а ситуация в республике считается относительно благополучной. Всё же атмосферный воздух за последние десятилетия претерпел изменения за счёт техногенной нагрузки и регенерации природно-климатических условий. В настоящее время наблюдается весьма ошутимое загрязнение воздушной среды, особенно на урбанизированных территориях республики.

Методика исследования

В целях оценки качества атмосферного воздуха на территории Карачаево-Черкесской Республики (КЧР) отобраны пробы следующих загрязняющих веществ: 2 класса опасности — фенол и формальдегид, 3 класса опасности — азота диоксид, взвешенные вещества, ангидрид сернистый, 4 класса опасности — аммиак и углерод оксид. Десятилетние исследования проводились в два этапа: с 2011 по 2017 и с 2018 по 2020 г. Точки отбора проб воздуха выбраны по результатам предварительных исследований загрязнения воздушной среды промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками, а также с учётом изучения метеорологических условий, отражающих рассеивание и концентрации атмосферных примесей. При этом учитывалась повторяемость направления ветра над территорией отбора проб. Для характеристики распределения концентрации атмосферных примесей в городской среде посты, в первую очередь, устанавливались в тех жилых районах, где возможны наибольшие уровни загрязнения, затем в административном центре и в жилых районах с различными типами застройки, а также в парках и зонах отдыха.

Отбор проб осуществлялся в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». Далее, в соответствии с действующими методами, определялись максимально разовые концентрации загрязняющих веществ (табл. 1).

Таблица 1 — Перечень загрязняющих веществ и методов определения их максимально разовых концентраций, мг/м³

Вещество	Принцип метода	Методика	Приборы и оборудование
Азота диоксид (NO ₂)	Фотометрический	РД 52.04.186-89, п. 5.2.1.3, п. 5.2.14	Аспиратор А-01, фотометр КФК-3-01
Ангидрид сернистый (SO ₂)	Экспресс-анализ (электрохимический)	Руководство по эксплуатации метеометра	Метеометр МЭС-200А»
Углерод оксид (CO)	Экспресс-анализ (электро-химический)	Руководство по эксплуатации газоанализатора	Газоанализатор «Элан-СО-50»
Взвешенные вещества (ВВ)	Гравиметрический	РД 52.04.186-89, п. 5.2.6, РД 52.04.893-2020, п. 11, 12	Весы электронные GR-200, аспиратор мод. 822, напорная трубка НИИО-ГАЗ, термометр ТТМ, секундомер СОПрр-2а-3-000
Формальдегид (НСНО)	Экспресс-анализ (электрохимический)	Руководство по эксплуатации газоанализатора	Газоанализатор «ЭКОЛАБ А»

Продолжение табл. 1

Вещество	Принцип метода	Методика	Приборы и оборудование
Фенол (C ₆ H ₅ OH)	Хроматографический с флуоресцентным детектированием	МУК 4.1.1478-03	Хроматограф газовый портативный «ФГХ-1», барометр-анероид «М67», психрометр аспирационный «М-34»
Аммиак (NH ₃)	Экспресс-анализ (электрохимический)	Руководство по эксплуатации газоанализатора	Газоанализатор «ЭКОЛАБ А»

Результаты исследования

На основании полученных максимально разовых концентраций (мг/м³) рассчитаны среднегодовые концентрации (мг/м³) (РД 52.04.667-2005 «Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для государственных органов, общественности и населения»).

Единая методология в проведении исследований на базе постоянной лаборатории позволила сформировать банк данных, включающий 112 точек отбора проб воздуха [2; 11–13].

Результаты анализа (табл. 2) максимально разовых и среднегодовых показателей загрязнённости воздуха КЧР показывают, что превышение ПДК за период с 2011 по 2017 г. наблюдалось в Усть-Джегутинском районе по аммиаку и формальдегиду и составило, соответственно, 1,1 и 1,3 ПДК. В Прикубанском районе среднегодовая концентрация аммиака пока не превышала 1,2 ПДК, а в Малокарачаевском районе отмечено превышение формальдегида — 1,1 ПДК. Среднегодовые концентрации оставшейся части определяемых загрязняющих веществ не превышали ПДК. За период с 2018 по 2020 г. превышений максимально разовых и среднегодовых концентраций загрязняющих веществ не выявлено. Однако во всех районах КЧР на втором этапе с 2018 по 2020 г. отмечено наращивание концентрации азота диоксида и ангидрида сернистого, в сравнении с 2011 по 2017 г. Максимальное значение азота диоксида наблюдалось в Усть-Джегутинском районе, причём максимальное значение среднегодовой концентрации на втором этапе наблюдений составило 0,092 мг/м³ по сравнению с 0,024 мг/м³ — на первом этапе. Максимальная концентрация ангидрида сернистого резко возросла во втором этапе и составила 0,144 мг/м³ относительно 0,044 мг/м³ — в первом. При этом лидером по загрязнённости воздушной среды был и остаётся Усть-Джегутинский район. Тем не менее на втором этапе наблюдений к нему приблизился Зеленчукский район, в котором среднегодовая концентрация ангидрида сернистого составила 0,140 мг/м³. Для всех районов исследованного региона с 2011 по 2017 г. характерно наращивание концентрации оксида углерода. За год увеличение СО по районам изменялось от 0,04 до 0,09 мг/м³. Максимальные значения зарегистрированы в г. Карачаевске и Карачаевском районе. Эта тенденция кардинально изменилась на втором этапе наблюдений. В период с 2018 по 2020 г. отмечено снижение концентрации углерода оксида относительно предшествующего периода. В отдельных муниципальных образованиях: г. Карачаевске и Карачаевском районе, в Усть-Джегутинском, Прикубанском, Адыге-Хабльском, Урупском районах — за период с 2011 по 2017 гг. среднегодового увеличения аммиака не отмечено, тем не менее концентрация этого ингредиента имеет тенденцию к незначительному увеличению. В остальных районах республики концентрация аммиака в атмосферном воздухе не изменялась [6].

На основании полученных результатов рассчитаны индексы загрязнения (ИЗА) по административным районам республики (табл. 3).

Для оценки взаимосвязи динамики качества воздушной среды и здоровья населения использовался эмпирический материал заболеваемости населения в КЧР [8] за период с 2012 по 2020 г.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что взрослое население региона подвержено в основном заболеваниям системы кровообращения (28 %), органов дыхания (24 %), костно-мышечной системы (11 %), органов зрения (8 %); детское население — органов дыхания (71 %), пищеварения (7 %), зрения (7 %), нервной системы (4 %).

Результаты проведённого исследования свидетельствуют о корреляционной связи между заболеваемостью населения КЧР и загрязнением атмосферного воздуха [3; 4]. Заболеваемость взрослого населения республики основными типами болезней находится в корреляционной связи с установленными загрязнителями воздушной среды — азота диоксидом, ангидридом сернистым, взвешенными веществами.

Таблица 2 — Характеристика загрязнения атмосферного воздуха Карачаево-Черкесской Республики за период с 2011 по 2020 г. (2011–2017 / 2018–2020)

Наименование административного района	Показатели воздуха	Наименование вещества						Формальдегид
		Азота диоксид	Ангидрид сернистый	Углерод оксид	Взвешенные вещества	Аммиак	Фенол	
Карачаевск	Средне годовое	0,009 / 0,048	0,007 / 0,08	0,59 / 0,041	0,098 / 0,178	0,029	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,053	0,04 / 0,2	1,04 / 0,046	0,18 / 0,198	0,07	<0,004	0,01
Карачаевский район	Средне годовое	0,009 / 0,052	0,007 / 0,080	0,59 / 0,054	0,098 / 0,135	0,029	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,058	0,04 / 0,200	1,04 / 0,06	0,18 / 0,150	0,07	<0,004	0,01
Усть-Джегутинский район	Средне годовое	0,024 / 0,092	0,044 / 0,144	0,89 / 0,113	0,116 / 0,185	0,043	<0,004	0,013
	Максимально разовое	0,02 / 0,102	0,04 / 0,360	1,55 / 0,125	0,14 / 0,206	0,07	<0,004	0,01
Зеленчукский район	Средне годовое	0,006 / 0,080	0 / 0,140	0,691 / 0,122	0,11 / 0,222	0,036	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,089	0 / 0,35	1,11 / 0,135	0,18 / 0,247	0,07	<0,004	0,01
Черкесск	Средне годовое	0,006 / 0,014	0,002 / 0,067	0,646 / 0,075	0,121 / 0,215	0,047	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,015	0,01 / 0,167	0,81 / 0,083	0,12 / 0,238	0,06	<0,004	0,01
Прикубанский район	Средне годовое	0,006 / 0,047	0,002 / 0,120	0,646 / 0,101	0,121 / 0,203	0,047	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,052	0,01 / 0,300	0,81 / 0,113	0,12 / 0,225	0,06	<0,004	0,01
Хабезский район	Средне годовое	0,007 / 0,046	0 / 0,067	0,778 / 0,042	0,11 / 0,171	0,030	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,051	0 / 0,167	1,35 / 0,047	0,167 / 0,190	0,05	<0,004	0,01
Абазинский район	Средне годовое	0,007 / 0,036	0 / 0,08	0,778 / 0,225	0,11 / 0,225	0,03	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,04	0 / 0,2	1,35 / 0,25	0,16 / 0,25	0,05	<0,004	0,01
Адыге-Хабльский район	Средне годовое	0,006 / 0,015	0,008 / 0,14	0,715 / 0,072	0,135 / 0,135	0,037	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,017	0,11 / 0,35	1,15 / 0,080	0,23 / 0,15	0,06	<0,004	0,01
Ногайский район	Средне годовое	0,006 / 0,020	0,008 / 0,107	0,715 / 0,105	0,135 / 0,135	0,037	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,022	0,11 / 0,267	1,15 / 0,117	0,23 / 0,15	0,06	<0,004	0,01
Урупский район	Средне годовое	0,009 / 0,034	0 / 0,127	0,515 / 0,059	0,11 / 0,141	0,027	<0,004	<0,010
	Максимально разовое	0,02 / 0,038	0 / 0,317	0,83 / 0,065	0,14 / 0,157	0,06	<0,004	0,01
Малокарачаевский район	Средне годовое	0,007 / 0,032	0,008 / 0,080	0,722 / 0,063	0,089 / 0,135	0,028	<0,004	0,011
	Максимально разовое	0,02 / 0,035	0,04 / 0,2	1,03 / 0,07	0,13 / 0,150	0,06	<0,004	0,02
*ПДК _{МР} / *ПДК _{СС}		0,2 / 0,04	0,5 / 0,05	5 / 3	0,5 / 0,15	0,2 / 0,04	0,01 / 0,003	0,05 / 0,01

В Усть-Джегутинском районе болезни системы кровообращения отмечаются высокими коэффициентами корреляции ($r = 0,87; 0,90; 0,99$) с индексами загрязнения атмосферного воздуха азота диоксидом, ангидридом сернистым и взвешенными веществами, соответственно.

Высокая связь ($r > 0,70$) болезней органов дыхания с азотом диоксидом, ангидридом сернистым отмечена в Зеленчукском, Прикубанском, Хабезском, Абазинском и Малокарачаевском районах. Углерод оксид оказывает повышенное влияние на органы дыхания также в Хабезском районе. По болезням костно-мышечной системы — тесная и умеренная связь получена при насыщении воздуха азота диоксидом и ангидридом сернистым в Усть-Джегутинском ($r = 0,72-0,74$), Прикубанском районе ($r = 0,78-0,88$), г. Черкесске и Абазинском районе ($r = 0,62-0,90$). Наблюдается сильная зависимость ($r = 0,87-0,99$), г. Черкесске ($r = 0,64-0,89$), Абазинском районе ($r = 0,62-0,90$).

Таблица 3 — Значения ИЗА за период с 2011 по 2020 г. (2011–2017 / 2018–2020)

Наименование административного района	ИЗА						
	I _{NO2}	I _{SO2}	I _{CO}	I _{BV}	I _{NH3}	I _{СВНОН}	I _{НСНО}
г. Карачаевск	0,2 / 1,2	0,1 / 1,6	0,2 / 0	0,7 / 1,2	0,7	0,9	1,3
Карачаевский район	0,2 / 1,3	0,1 / 1,6	0,2 / 0	0,7 / 0,9	0,7	0,9	1,3
Усть-Джегутинский район	0,6 / 2,3	0,9 / 2,9	0,3 / 0,1	0,8 / 1,2	1,0	0,9	1,7
Зеленчукский район	0,2 / 2,0	0 / 2,8	0,2 / 0,1	0,7 / 1,5	0,8	0,9	1,3
г. Черкесск	0,2 / 0,4	0,04 / 1,3	0,2 / 0	0,8 / 1,4	1,1	0,9	1,3
Прикубанский район	0,2 / 1,1	0,04 / 2,4	0,2 / 0,1	0,8 / 1,3	1,1	0,9	1,3
Хабезский район	0,2 / 1,1	0 / 1,3	0,2 / 0	0,7 / 1,1	0,7	0,9	1,3
Абазинский район	0,2 / 0,9	0 / 1,6	0,2 / 0,1	0,7 / 1,5	0,7	0,9	1,3
Адыге-Хабльский район	0,1 / 0,4	0,2 / 2,8	0,2 / 0	0,9 / 0,9	0,8	0,9	1,3
Ногайский район	0,1 / 0,5	0,2 / 2,1	0,2 / 0,1	0,9 / 0,9	0,8	0,9	1,3
Урупский район	0,2 / 0,8	0 / 2,5	0,2 / 0	0,7 / 0,9	0,6	0,9	1,3
Малокарачаевский район	0,2 / 0,8	0,2 / 1,6	0,2 / 0	0,03 / 0,9	0,6	0,9	1,4

Полученные коэффициенты корреляции выявили дифференциацию зависимости загрязняющих ингредиентов воздушной среды с нозологиями заболеваемости населения в районах республики.

Картографическая ГИС-модель (рис.) демонстрирует тенденции заболеваемости органов кровообращения у взрослого населения региона в зависимости от характера загрязнения приземного воздушного пространства. Выраженное преобладание нозологии болезни органов кровообращения у взрослого населения приходится на Усть-Джегутинский район и г. Черкесск. Распределение болезни по другим районам республики происходит в зависимости от степени подверженности загрязнению воздуха.

Заболеваемость детского населения характеризуется определённой сопряжённостью с загрязнением воздуха азота диоксидом, ангидридом сернистым, взвешенными веществами. По болезням органов дыхания в значительной части районов республики наблюдается сильная и умеренная связь ($r = 0,52-0,99$). По болезням органов пищеварения — тесная и умеренная связь в Усть-Джегутинском районе ($r = 0,45-0,74$), Урупском районе ($r = 0,71-0,78$), Ногайском районе ($r = 0,68-0,69$), Абазинском районе ($r = 0,51-0,85$). По болезням органов зрения — тесная связь в Зеленчукском районе ($r = 0,59-0,70$); умеренная — в Ногайском районе ($r = 0,56-0,58$); по болезням органов нервной системы — тесная и умеренная связь в г. Карачаевске ($r = 0,62-0,72$), Зеленчукском районе ($r = 0,62-0,70$), Абазинском районе ($r = 0,50-0,67$).

Сравнение результатов предшествующих исследований [14], в которых автор приводит материалы по изучению влияния комплекса факторов окружающей среды и техногенной нагрузки в КЧР на показатели здоровья населения, с выявлением причинно-следственных зависимостей приведены в таблице 4.

Показатели заболеваемости периода 1995–1999 гг. существенно отличаются от таковых, полученных нами за период с 2012 по 2020 г.

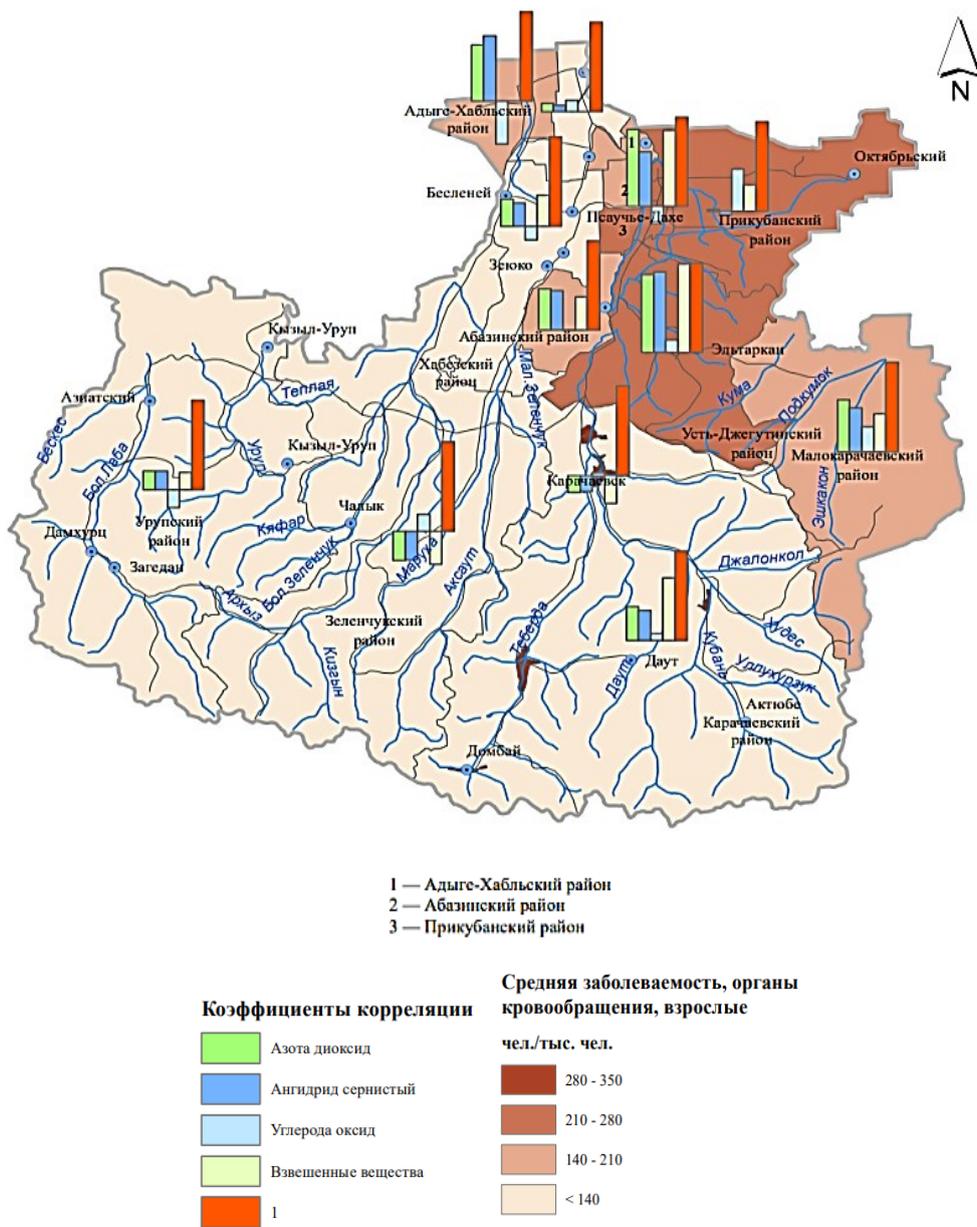


Рисунок — Интеграция заболеваемости органов кровообращения взрослого населения КЧР в структуре качества воздушной среды

За истёкший 25-летний период в 2,7 раза повысилась общая заболеваемость среди населения республики. Заболеваемость органов дыхания возросла в 1,7 раза, нервной системы — в 1,5 раза. Существенно повысились показатели общей и других нозологий заболеваемости, теснота корреляционных связей с ингредиентами загрязнения атмосферного воздуха весьма высокая.

Таблица 4 — Динамика показателей здоровья населения в геоэкологической среде КЧР

Территориальные подрегионы КЧР	Общая заболеваемость на 1 000 жителей		Заболеваемость органов дыхания, на 1 000 жителей		Заболеваемость нервной системы, на 1 000 жителей	
	Всего населения	В т. ч. детей, %	Всего населения	В т. ч. детей, %	Всего населения	В т. ч. детей, %
1995–1999 гг.						
Равнина*	1 464,6	53,6	622,1	75,6	183,4	41,8
Предгорья**	1 138,6	47,4	867,6	31,0	105,4	39,4
Горно-высокогорные территории***	1 360,3	53,5	967,1	34,5	119,9	40,5
2012–2020 гг.						
Равнина	3 853,0	35,3	1 447,0	63,0	217,0	63,0
Предгорья	4 065,0	27,7	1 558,0	55,0	239,0	18,0
Горно-высокогорные территории	2 900,0	22,0	1 066,0	43,0	159,0	10,0
<p><i>Примечание:</i> *Адыге-Хабльский и Ногайский районы, г. Черкесск и частично Прикубанский и Хабезский районы; **Прикубанский, Хабезский, Абазинский, Усть-Джегутинский, Малокарачаевский, Урупский, Зеленчукский районы и город Карачаевск; ***Урупский, частично Зеленчукский и Карачаевский районы.</p>						

Вывод

Данные исследования, позволившие установить наличие зависимости показателей здоровья населения республики и воздействия факторов воздушной среды, служат доказательной базой того, что снижение интенсивности и силы воздействия факторов загрязнения воздушной среды позволят уменьшить реакцию организма, улучшить показатели здоровья в регионе. При достаточно высокой корреляционной связи загрязнённости атмосферы с заболеваемостью населения отмечается увеличение загрязнённости территорий республики от предгорного к горно-высокогорному подрегиону. Таким образом, общая заболеваемость населения и отдельных классов болезней, коррелирующих с загрязнителями атмосферного воздуха, также повышается по мере поднятия в горы.

Список литературы

1. Авалиани С. Л., Ревич Б. А., Захаров В. М. Мониторинг здоровья человека и здоровья среды // Региональная экологическая политика. Москва: Центр экологической политики России, 2001. 76 с.
2. Байчорова Э. М. Оценка влияния выбросов загрязняющих веществ на здоровье населения Карачаево-Черкесии // Вопросы науки: Естественно-научные исследования и технический прогресс. Воронеж, 2015. С. 60–67.
3. Байчорова Э. М., Онищенко В. В. Медико-экологические вопросы техносферы Карачаево-Черкесии // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2014. № 3. С. 69–76.
4. Байчорова Э. М., Дега Н. С., Онищенко В. В., Эрикенов С.-Б. М. Атмосферные примеси и здоровье населения — геоэкологический императив устойчивого развития горной Карачаево-Черкесии // Устойчивое развитие горных территорий, Владикавказ, 2018. Т. 10, № 3 (37). С. 358–365. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-358-365.
5. Даутов Ф. Ф. Заболеваемость населения на территориях риска // Окружающая среда и здоровье: тезисы доклада региональной научной конференции. Казань, 1996. С. 41.
6. Дега Н. С., Онищенко В. В., Байчорова Э. М. Геоэкологические преобразования атмосферного воздуха в техногенной среде Карачаево-Черкесской Республики // Безопасность в техносфере. 2017. Т. 6, № 6. С. 12–19.
7. Здоровье и окружающая среда / пер. с англ. А. С. Долецкого; предисл. Г. И. Сидоренко; под ред. Дж. Ленихена, У. Флетчера. Москва: Мир, 1979. 232 с.
8. Карачаево-Черкесия в цифрах. 2021 / ОП Северо-Кавказстата по КЧР. Черкесск, 2021. 123 с.
9. Медицинская экология / А. А. Королев, М. В. Богданов, Ал. А. Королев и др.; под ред. А. А. Королева. Москва: Академия, 2003. 192 с.

10. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Основы общей экологии. Москва: Университетская книга, 2005. 230 с.
11. Онищенко В. В., Байчорова Э. М., Дега Н. С. Мониторинг качества приземного воздушного пространства Карачаево-Черкесской Республики // Исследования изменений атмосферы, климата и динамики ландшафтов. Грозный: Чеченский гос. ун-т им. А. А. Кадырова, 2021. С. 223–229.
12. Онищенко В. В., Дега Н. С., Байчорова Э. М. Эколого-географическая оценка воздушной среды Карачаево-Черкесской Республики // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ростов-на-Дону, 2017. С. 844–854.
13. Онищенко В. В., Дега Н. С., Байчорова Э. М. Геоэкологические аспекты качества воздушной среды Карачаево-Черкесской Республики // Молодежь — за чистую Волгу. Чебоксары: Среда, 2021. С. 241–249.
14. Соломашенко Н. И. Факторы окружающей среды и здоровье населения Карачаево-Черкесской Республики. URL: <https://www.dissercat.com/content/factory-okruzhayushchei-sredy-i-zdorove-naseleniya-karachaevo-cherkesskoi-respubliki>.
15. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 02.05.2023).

References

1. Avaliani S. L., Revich B. A., Zakharov V. M. Monitoring of human health and environmental health. *Regional environmental policy*. Moscow: Center for Environmental Policy of Russia; 2001:76 (In Russ.).
2. Baichorova E. M. Assessment of the impact of pollutant emissions on the health of the population of Karachay-Cherkessia. *Questions of science: Natural science research and technological progress*. Voronezh: 2015:60–67 (In Russ.).
3. Baichorova E. M., Onishchenko V. V. Medical and environmental issues of the technosphere of Karachay-Cherkessia. *Izvestiya Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences*. 2014;3:69–76.
4. Baichorova E. M., Degas N. S., Onishchenko V. V., Erikenov S.-B. M. Atmospheric impurities and population health – geocological imperative of sustainable development of mountainous Karachay-Cherkessia. *Sustainable development of mountain territories*. 2018;10;3(37):358–365. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-358-365 (In Russ.).
5. Dautov F. F. Morbidity of the population in the risk territories. *Environment and health*. Kazan: 1996:41 (In Russ.).
6. Degas N. S., Onishchenko V. V., Baichorova E. M. Geocological transformations of atmospheric air in the technogenic environment of the Karachay-Cherkess Republic. *Safety in the technosphere*. 2017;6(6):12–19 (In Russ.).
7. *Health and the environment*. Ed. by J. Lenihen. W. Fletcher. Moscow: Mir; 1979:232 (In Russ.).
8. *Karachay-Cherkessia in numbers. 2021*. Cherkessk: OP Severo-Kavkazstat on KCR, 2021:123 (In Russ.).
9. Korolev A. A., Bogdanov M. V., Korolev A. I. et al. *Medical ecology*. Ed. by A. A. Korolev. Moscow: Academy; 2003:192 (In Russ.).
10. Mirkin B. M., Naumova L. G. Fundamentals of general ecology. Moscow: University book; 2005:230 (In Russ.).
11. Onishchenko V. V., Baichorova E. M., Degas N. S. Monitoring of the quality of the surface airspace of the Karachay-Cherkess Republic. *Studies of changes in the atmosphere, climate and landscape dynamics*. Grozny: Kadyrov Chechen State University; 2021:223–229 (In Russ.).
12. Onishchenko V. V., Degas N. S., Baichorova E. M. Ecological and geographical assessment of the air environment of the Karachay-Cherkess Republic. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. Rostov-on-Don: 2017:844–854 (In Russ.).
13. Onishchenko V. V., Degas N. S., Baichorova E. M. Geoecological aspects of the air quality of the Karachay-Cherkess Republic. *Youth for a clean Volga*. Cheboksary: Sreda; 2021:241–249 (In Russ.).
14. Solomashchenko N. I. Environmental factors and public health of the Karachay-Cherkess Republic. Available at: <https://www.dissercat.com/content/factory-okruzhayushchei-sredy-i-zdorove-naseleniya-karachaevo-cherkesskoi-respubliki> (In Russ.).
15. Available at: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed: 02.05.2023).

Информация об авторах

Байчорова Э. М. — старший преподаватель, заместитель директора;
Онищенко В. В. — доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой.

Information about the authors

Baichorova E. M. — Senior Lecturer, Deputy Director;
Onishchenko V. V. — Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Head of the Department.

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 05.04.2023; одобрена после рецензирования 28.04.2023; принята к публикации 18.05.2023.

The article was submitted 05.04.2023; approved after reviewing 28.04.2023; accepted for publication 18.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 139–147.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):139–147 (In Russ.).

Научная статья
УДК 699.828.2:725.826.053.3
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_139

РАЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. АСТРАХАНИ

Курмангалиева Аида Робертовна^{1✉}, Кособокова Светлана Рудольфовна²
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Астрахань, Россия

¹ kraida64@mail.ru

² kossveru@mail.ru

Аннотация. В последние десятилетия территория города подвергается сильной загазованности, подтоплению, вторичному засолению и деградации почвенного покрова, катастрофическому исчезновению парковых, уличных и дворовых зелёных зон с древесно-кустарниковой растительностью и системами их увлажнения. Анализ существующих условий и действующей нормативно-законодательной базы позволил авторам предложить рациональные мероприятия по культивации почв, набору фитоценозов, хорошо адаптированных к аридной зоне, для фито мелиорации и создания комфортного микроклимата городской среды.

Ключевые слова: влагообмен, урбанозёмы, квазизёмы, урболандшафт, фитомелиорация, фанерофит, культивация, токсикант

Для цитирования: Курмангалиева А. Р., Кособокова С. Р. Рациональная модель озеленения города Астрахани // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2. С. 139–147. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_139.

RATIONAL MODEL OF LANDSCAPING IN THE CITY OF ASTRAKHAN

Aida R. Kurmangalieva^{1✉}, Svetlana R. Kosobokova²
Astrakhan State Arkhitecture and Building University, Astrakhan, Russia

¹ kraida64@mail.ru

² kossveru@mail.ru

Abstract. In recent years, the urban area has been subjected to severe gas contamination, flooding, secondary salinization and degradation of the soil cover, the catastrophic disappearance of park, street and courtyard green areas with tree and shrub vegetation and their moistening systems. An analysis of the existing conditions and the current regulatory and legislative framework allowed the authors to propose rational measures for soil cultivation, a set of phytocenoses well adapted to the arid zone, for phytoamelioration and creating a comfortable microclimate in the urban environment.

Keywords: moisture exchange, urbanozems, quasizems, urban landscape, phytomelioration, phanerophyte, cultivation, toxicant

For citation: Kurmangalieva A. R., Kosobokova S. R. Rational model of landscaping in the city of Astrakhan. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):139–147 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_139.

Создание комфортной среды (влагообмена и микроциркуляции воздуха) в зоне аридного климата является актуальной задачей для областного центра и закреплено законодательно [5].

Климат района областного центра резко континентальный, с преобладанием ветров восточного (24 %) и западного (16 %) направлений; характеризуется высоко амплитудными сезонными колебаниями температуры, малым количеством осадков и высокой испаряемостью. Среднегодовая температура воздуха 10,4 °С.

Зима холодная, сухая, малоснежная с ветрами (февраль). Проникающие сюда массы полярного воздуха в холодное время характеризуются низкими температурами и малой влажностью. Средняя температура холодного месяца (января) составляет минус 3,7 °С, низшая зимняя не опускается ниже минус 35,0 °С.

Снежный покров неустойчив, устанавливается обычно во второй декаде декабря и удерживается в среднем 65 дней. Средняя высота снежного покрова зимой — 3–6 см. Нормативная глубина промерзания грунта — 0,9 м, максимальная — 1,2 м.

Тёплый период в городе жаркий и продолжительный (5–6 мес.). Лето засушливое, средняя температура самого жаркого месяца (июля) — плюс 29,5 °С. Максимальная летняя температура воздуха достигает плюс 45,0 °С.

Среднегодовое количество осадков составляет 234 мм, в основном с равномерным распределением их по сезонам и небольшим преобладанием летом.

Ветровой режим характеризуется: среднегодовой скоростью ветра 2,7 м/с; максимальной — 30 м/с; наибольшей скоростью, превышающей 5 %, в году — 10,3 м/с [1].

Почвенный покров на территории, свободной от твёрдых покрытий и застройки, представлен разновидностями урбанозёмов легкосуглинистых слабосолончаковых и квазизёмов, характерными для промышленных и селитебных территорий. Морфологически профиль их представлен урбиком мощностью 0,5–0,7 м, слабо уплотнённым и переходящим в слоистый аллювий. Урбанозёмы по гранулометрическому составу легкосуглинистые, слабо засолены водорастворимыми солями (сумма токсичных солей 0,22 % при сульфатном типе засоления) и относятся к разновидности слабосолончаковых. Содержание гумуса не превышает 0,6–0,8 %.

Гидрографическая сеть города представлена р. Волгой, её рукавами и ериками. Именно водотоки с древесно-кустарниковой растительностью формируют микроклимат городов.

Территория г. Астрахани находится в условиях устойчивого подтопления с середины 1980-х гг.; в большинстве застраиваемых микрорайонов общее положение зеркала грунтовых вод повысилось на 0,46 м.

Засыпанные русла ериков и проток, акватории ильменей при застройке левобережной части города превратили водотоки в подземные дрены, которые не утратили связь с питающей их речной системой. Износ водонесущих коммуникаций способствует круглогодичному техногенному подтоплению территории.

Городской микроклимат не только формирует комфортную среду для проживающего в нём населения, но оказывает значительное влияние на здоровье и работоспособность людей. Одним из важнейших элементов городского каркаса является растительность (зелёные насаждения), поскольку именно она обеспечивает поддержание экологического равновесия в урбозеко-системе [7]. Растительность смягчает действие сильных ветров, перегрев почвы, излишнюю сухость или, наоборот, переувлажнение воздуха, шума, вредных выбросов промышленных предприятий и транспорта, устраняет недостаточную аэрацию застроенных массивов [17].

Главная функция городской флоры заключается в восстановлении благоприятного состава воздушного бассейна по содержанию углекислого газа, кислорода и пыли. Эффективность определяется рядом факторов: разнообразием породного, видового, возрастного и функционального состава зелёных насаждений.

Озеленение улиц представляет весьма сложную задачу: оно должно вписываться в структуру улицы, не создавая помех для выполнения её разносторонних функций, и одновременно создавать комфортную среду для движения и пребывания на улице населения, участвуя в эстетическом формировании облика города.

Задача озеленения улицы в каждом конкретном случае может быть решена с учётом следующих условий [6]:

- 1) транспортных — характера и интенсивности движения (местное, транзитное), его протяжённости, наличия грузового движения, характера транспортных пересечений или развязок;
- 2) планировочных — ширины и протяжённости улицы, её значения в городе, ориентации по сторонам света, характера застройки;
- 3) природных — температурного режима, направления и скорости ветра, влажности воздуха, количества осадков, рельефа и микрорельефа.

Эти факторы обуславливают подбор ассортимента, размещение растений на улице и композицию группировок.

Удельный вес озеленённых пространств в общей площади селитебной зоны города должен составлять 40–50 % [12].

Анализ территории г. Астрахани показывает, что на долю озеленённых территорий приходится только 8 % при нормативе 15 % и выше [3]. К основным проблемам структуры и функционирования растительной подсистемы города можно отнести следующие: недостаточное количество зелёных насаждений, их высокий износ и болезненное состояние (76 %), невысокая обеспеченность промышленных предприятий санитарно-защитными зонами, уничтожение газонов при прокладке подземных коммуникаций, застройка на газонах и скверах, сопровождающаяся их уничтожением [14].

Наиболее реальной возможностью увеличения лесистости городской площади является присоединение открытых загородных пространств и зелёных массивов посредством создания «зелёных клиньев», что предполагает озеленение улиц и магистралей путём фитомелиорации.

Для проведения фитомелиорации следует использовать растительность, устойчивую к загрязнённой городской среде и к наиболее распространённым заболеваниям и вредителям и обладающую комплексом полезных свойств: способностью выделять большое количество кислорода и фитонцидов, поглощать атмосферные загрязнители и шум, ионизировать воздух, не вызывая аллергических реакций у жителей, хорошей приживаемостью в данных климатических условиях с учётом профиля антропогенного загрязнения города [7]. Важным критерием модернизации существующей растительной подсистемы выступает структура зелёных насаждений, включающая многоярусность фитоценоза и большое видовое разнообразие растений.

Повышенная загазованность и запылённость воздуха, неблагоприятные физико-механические свойства почвы, асфальтовое покрытие улиц и площадей, наличие подземных коммуникаций и сооружений в зоне корневой системы, дополнительное освещение растений в ночное время, механические повреждения и интенсивный режим использования городских насаждений населением — факторы постоянного негативного влияния на жизнедеятельность растений в условиях городской среды, приводящие к преждевременному отмиранию деревьев и кустарников задолго до наступления естественной старости.

В озеленении г. Астрахани возраст большинства древесных насаждений составляет 50–60 лет. Деревья вступили в пору перестойности и массово начинают засыхать, интенсивно повреждаются стволовыми вредителями и грибами, вызывающими аварийную опасность. В силу экономических причин в Астрахани сложилась крайне неблагоприятная обстановка для развития зелёной инфраструктуры. Во многих районах города пришли в негодность поливочные водопроводы, из-за отсутствия полива многие зелёные зоны высохли, часть из них была пущена под застройку [8].

Из лиственных декоративных фанерофитов для Астрахани обычными видами являются вяз шершавый (*Ulmus densa*), вяз листоватый (*U. minor*), лох узколистный, ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica*), тополь белый (*Populus alba*), тополь пирамидальный (*P. nigra pyramidalis*), тополь чёрный (осокорь) (*P. nigra*), ива белая (*Salix alba*), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia*), айлант высочайший (*Ailanthus altissima*), софора японская (*Styphnolobium japonicum*), гледичия каспийская (*Gleditsia capsica*), липа крупнолистная (*Tilia cordata*), шелковица (*Morus* sp.), аморфа кустарниковая (*Amorpha fruticosa*), бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare*), гребенщик мохнатый (*Tamarix hispida*), смородина золотистая (*Ribes aureum*). В последние годы хвойные растения получили широкое распространение в городском озеленении — это ель колючая (*Picea pungens*), ель сербская (*P. omorika*), можжевельник виргинский (*Juniperus virginiana*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), сосна чёрная (*P. nigra*), туя западная (*Thuja occidentalis*), туя восточная (*Th. orientalis*), можжевельник горизонтальный (*Juniperus horizontalis*), можжевельник казацкий (*J. sabina*), можжевельник средний (*J. x pfitzeriana*) [9].

К приоритетным загрязнителям атмосферного воздуха отнесены следующие химические вещества: диоксид серы, оксид углерода, сероводород, диоксид азота, толуол, формальдегид.

Для снижения воздействия выбросов от автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха как одной из эффективных мер, санитарные врачи рекомендуют увеличить площадь зелёных насаждений [14].

В Генеральном плане развития г. Астрахани до 2025 г., обозначены задачи по развитию системы зелёных насаждений, которые включают целостное формирование непрерывной системы зелёных насаждений и сохранение исторической планировочной структуры, ориентированной на основные городские доминанты — реки Волгу, Царёв, Кутум, Прямую Болду, Кривую Болду, канал им. 1 мая [3].

Проектируемые новые районы севернее р. Кривой Болды: микрорайон Мошкариха, новый Заболдинский район, северная часть Посёлка газозиков — находятся в контактной зоне природно-ландшафтного и урбанизированного каркаса, где предусматривается формирование зон с пониженной плотностью застройки с преобладанием открытых озеленённых пространств [3].

Климат города не является достаточно благоприятным для роста древесно-кустарниковых растений, поэтому подбор видового состава для городского озеленения должен учитывать способность растений противостоять целому ряду климатических лимитирующих факторов.

Для практического использования при благоустройстве и реконструкции объектов городского озеленения составлен и предлагается ассортимент лиственных фанерофитов, пригодный для зон урболодшафта аридной зоны с различной экологической ситуацией.

Древесно-кустарниковые растения подобраны с необходимыми в местных условиях характеристиками по зимостойкости, устойчивости к сухости воздуха, с учётом декоративности, а также оптимальной интенсивности в уходе на городских объектах разного функционального назначения. Прочие характеристики, такие как отношение зелёных насаждений к освещённости,

почвенным условиям, поливу, засолению почв, загрязнению атмосферного воздуха выбросами дыма и газов, а также устойчивость рекомендуемых видов к поражению вредителями и болезнями.

Таблица 1 — Объекты озеленения общего пользования в г. Астрахани, га

Планировочный район	Общегородские парки	Парки районные	Скверы	Бульвары	Набережные	Лесопарк	Дендрарий	Лугопарк	Зелёная зона	Итого
Центральный	192,0		7,0	5,5	10,5					215,0
Завокзальный	21	6,0	17,0						6,0	50,0
Запаревский	90,0	16,5	7,5	10,0	21,0					145,0
Южный промузел	8,0									8,0
Межболдинский	136,0	46,0		2,5		64			6,0	254,5
Заболдинский	26,0	38,0	24,0	18,0				30	26,0	162,0
Заболдинский западный				4,0						4,0
Северный Трусовский	39,0	58,0	27,0	11,0	7,5		10,0		49,0	201,5
Южный Трусовский		27,0	4,0	2,5	7,0				2,0	42,5
Итого:	512,0	191,5	86,5	53,5	46,0	64	10,0	30	89,0	1082,5

Таблица 2 — Рекомендуемый ассортимент древесно-кустарниковых растений для городского озеленения в условиях аридного климата

Наименование пород	Кустарники лиственные	Отношение к свету	Требования к почве	Требования к влаге	Дымо- и газоустойчивость	Устойчивость к поражению вредителями и болезнями	Степень использования в озеленении	Солеустойчивость
Деревья лиственные								
Айлант высочайший (<i>Ailanthus altissima</i>)	Д-1	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	уст.	шир.	сол.
Бундук канадский (<i>Gymnocladus dioica</i>)	Д-1	св. л.	ср. тр.	не тр.	уст.	уст.	шир.	сл. сол.
Вишня мелкопильчатая (<i>Prunus serrulata</i>)	Д-2	св. л.	ср. тр.	тр., ср. тр.	уст.	не уст.	огран	не сол.
Вяз шершавый (<i>Ulmus densa</i>)	Д-1	не тр.	тр.	тр.	уст.	—	шир.	сол.
Гледичия каспийская (<i>Gleditsia capsica</i>)	Д-3	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	уст.	шир.	сол.
Груша лохолистная (<i>Pyrus elaeagnifolia</i>)	Д-3	св. л., ср. свл.	не тр.	не тр.	уст.	уст.	огран	сл. сол.
Ивы свердловской селекции (<i>Salix</i> sp.)	Д-2,3 и К-2,3	св. л., ср. свл.	не тр., ср. тр.	ср. тр., тр.	уст.	уст.	шир.	—
Клён Фримана (<i>Acer rubrum</i> × <i>A. saccharinum</i>)	Д-2	св. л., не тр.	ср. тр.	тр.	уст.	—	огран	не сол.
Клён ясенелистный (<i>Acer negundo</i>)	Д-2	св. л.	не тр.	тр.	уст.	не уст.	огран	сл. сол.
Орех грецкий (<i>Juglans regia</i>)	Д-1	н. тр.	тр.	тр.	устр.	уст.	огран	не сол.
Робиния лжеакация (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Д-1	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	не уст.	шир.	сл. сол.
Софора японская (<i>Styphnolobium japonicum</i>)	Д-1	т. в.	не тр.	уст.	уст.	уст.	шир.	—

Продолжение табл. 2

Наименование пород	Кустарники лиственные	Отношение к свету	Требования к почве	Требования к влаге	Дымо- и газостойчивость	Устойчивость к поражению вредителями и болезнями	Степень использования в озеленении	Солеустойчивость
Тополь Болле (<i>Populus bolleana</i>)	Д-1	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	уст.	шир.	сл. сол.
Тополь пирамидаль- ный (<i>Populus nigra</i> <i>pyramidalis</i>)	Д-1	св. л.	ср. тр.	тр.	уст.	—	мос.	сл. сол.
Черемуха Маака (<i>Prunus maackii</i>)								
Шелковица белая (<i>Morus alba</i>)	Д-2	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	сол.
Яблоня лесная (<i>Malus sylvestris</i>)	Д-2	—	—	не тр.	уст.	—	—	—
Ясень пенсильванский (<i>Fraxinus</i> <i>pennsylvanica</i>)	Д-2	св. л.	ср. тр.	не тр.	уст.	уст.	мос.	—
Кустарники лиственные								
Аморфа кустарнико- вая (<i>Amorpha fruticosa</i>)	К-1	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	—
Бирючина обыкно- венная (<i>Ligustrum vulgare</i>)	К-1	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	сл. сол.
Барбарис Тунберга (<i>Berberis thunbergii</i>)	К-3	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	уст.	шир.	—
Боярышник обыкно- венный (<i>Crataegus</i> <i>laevigata</i>)	К-1	т. в.	не тр.	не тр.	—	—	шир.	—
Бузина чёрная (<i>Sambucus nigra</i>)	К-1	т. в.	тр.	не тр.	—	—	огран	—
Вишня степная (<i>Prunus fruticosa</i>)	К-3	—	не тр.	не тр.	—	—	шир.	—
Вейгела цветущая (<i>Weigela florida</i>)	К-1	св.	тр.	тр.	—	—	огран	—
Гребенщик мохнатый (<i>Tamarix hispida</i>)	К-2	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	сол.
Гребенщик ветвистый (<i>Tamarix ramosissima</i>)	К-2	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	—
Гребенщик Палласа (<i>Tamarix laxa</i>)	К-1	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	сол.
Дерён белый (сибир- ский) (<i>Cornus alba</i>)	К-1	т. в.	не тр.	—	уст.	—	шир.	сол.
Дерён красный (свидина) (<i>Cornus</i> <i>sanguinea</i>)	К-1	т. в.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	—
Дейция изящная (<i>Deutzia scabra</i>)	К-2	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	—	огран	—
Жимолость татарская (<i>Lonicera tatarica</i>)	К-1	св. л.	не тр.	не тр.	—	—	шир.	—
Ирга круглолистная (<i>Amelanchier ovalis</i>)	К-2	св. л.	тр.	не тр.	—	—	шир.	—
Джугун белокрылый (<i>Calligonum</i> <i>leucocladum</i>)	К-2	св. л.	не тр.	не тр.	уст.	—	огран	сол.

Продолжение табл. 2

Наименование пород	Кустарники лиственные	Отношение к свету	Требования к почве	Требования к влаге	Дымо- и газостойчивость	Устойчивость к поражению вредителями и болезнями	Степень использования в озеленении	Солеустойчивость
Калина обыкновенная ф. бульдэнеж (<i>Viburnum opulus</i> <i>Roseum</i>)	К-1	т. в.	тр.	тр.	уст.	—	шир.	—
Карагана древовидная (<i>Caragana</i> <i>arborescens</i>)	К-1	т. в.	не тр.	не тр.	—	—	шир.	сол.
Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucidus</i>)	К-2	т. в.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	—
Лох узколистный (<i>Elaeagnus</i> <i>angustifolia</i>)	К-1	св. л.	не тр.	не тр.	оч. уст.	—	шир.	сол.
Облепиха ветвистая (<i>Hippophae</i> <i>rhamnoides</i>)	К-1	св. л.	не тр.	тр.	уст.	—	огран.	—
Пузыреплодник калинолистный (<i>Physocarpus</i> <i>opulifolius</i>)	К-2	т. в.	не тр.	не тр.	уст.	—	шир.	—
Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i>)	К-1	не тр.	не тр.	—	уст.	—	шир.	сл. сол.
Снежнаягодник (<i>Symphoricarpos</i>)	К-2	т. в.	не тр.	не тр.	—	—	огран.	—
Смородина золотистая (<i>Ribes aureum</i>)	К-2	т. в.	не тр.	не тр.	уст.	уст.	шир.	—
Спирея Вангутта (<i>Spiraea vanhouttei</i>)	К-2	—	—	—	уст.	—	шир.	—
Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i>)	К-2	св. л.	—	тр.	уст.	—	огран.	—
Сумах пушистый (<i>Rhus typhina</i>)	К-1	св. л.	не тр.	не тр.	—	—	огран.	сол.
Форзиция промежу- точная (<i>Forsythia</i> <i>suspensa</i>)	К-2	—	тр.	—	уст.	—	огран.	—
Айва японская низкая (<i>Chaenomeles Maulei</i>)	К-3	св. л.	тр.	не тр.	уст.	—	огран.	—
Гибискус сирийский (<i>Hibiscus syriacus</i>)	К-3	не тр.	не тр.	не тр.	—	—	огран.	сол.
Чубушник обыкновен- ный (<i>Philadelphus</i> <i>coronarius</i>)	К-2	не тр.	—	—	—	—	огран.	—
<p><i>Примечание.</i> В таблице приняты следующие сокращения и условные обозначения:</p> <p>1) по высоте роста: Д-1 — деревья первой величины, свыше 25 м; Д-2 — деревья второй величины, от 15 до 25 м; Д-3 — деревья третьей величины, до 15 м; К-1 — кустарники первой величины, свыше 3 м; К-2 — кустарники второй величины, 1–3 м; К-3 — кустарники третьей величины, до 1 м;</p> <p>2) по отношению к свету: св. л. — светолюбивое; ср. свл. — средне светолюбивое; т. в. — теневы-носливое;</p> <p>3) по требовательности к почве: не тр. — не требовательное; ср. тр. — средне требовательное; тр. — требовательное;</p> <p>4) по отношению к влаге: не тр. — не требовательное; ср. тр. — средне требовательное; тр. — требовательное;</p> <p>5) по дымогазостойчивости: уст. — устойчивое; не уст. — не устойчивое;</p> <p>6) устойчивость к поражению вредителями и болезнями: уст. — устойчивое; не уст. — не устой-чивое;</p> <p>7) по отношению к засоленности почвы: сол. — солеустойчивое; сл. сол. — слабо солеустойчивое; не сол. — не солеустойчивое.</p>								

Одна из проблем современного городского озеленения — отсутствие единой нормативной базы в части создания и содержания объектов озеленения. На сегодняшний день в России действует и носит рекомендательный характер единственный документ — МДС 13-5.2000 «Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации», который не имеет в своём составе технологически грамотных, детальных и актуальных норм и правил по содержанию зелёных насаждений, обрезке деревьев и других аспектов озеленения [11].

В сложившейся ситуации в Астрахани и ряде других городов с низким уровнем качества озеленения и сложными перспективами городского зелёного строительства, крайне актуален вопрос разработки нормативной базы в данной отрасли, обязательной, а не рекомендованной к исполнению. Основываясь на имеющемся опыте в сфере городского озеленения, следует, что подобные нормативные акты необходимы по следующим направлениям: параметры для посадочного материала древесно-кустарниковых растений; стандарты посадки растений на объектах озеленения; требования по содержанию городских зелёных насаждений; правила по обрезке деревьев и требования об обязательном мониторинге их состояния в урбандо ландшафтах.

Антропогенные факторы урбанизированной среды, в отличие от климатических факторов, могут быть откорректированы или полностью устранены. Для этого необходимо соблюдение следующих условий:

- грамотный подбор ассортимента растений для городского озеленения;
- на этапе разработки проектной документации на объекты озеленения необходимо соблюдение принципов проектирования в ландшафтном строительстве, биологических и агротехнических потребностей планируемых насаждений, а также нормативных требований по соблюдению охранных зон существующих и проектируемых инженерных коммуникаций. Это позволит обеспечить в рекреационных зонах функциональную и эстетическую привлекательность одновременно с долгосрочной и безопасной эксплуатацией объекта озеленения с точки зрения жизнеспособности зелёных насаждений (деревья, кустарники, многолетние цветочных растений и декоративные травы, газонные покрытия), а также безопасной эксплуатации инженерно-технической инфраструктуры;
- очень важно на этапе закладки или реконструкции объектов озеленения строго соблюдать проектную документацию;
- соблюдать технологию посадки зелёных насаждений, особенно деревьев, при объективно сложившейся практике высадки в городских условиях крупномерных растений;
- важный аспект — технологичность в обслуживании городских зеленых насаждений на всех его этапах (сезонные мероприятия, обрезка, стрижка деревьев и кустарников, мониторинг состояния зелёных насаждений, мероприятия по обслуживанию аварийных растений, особенно деревьев);
- проведение инвентаризации деревьев на территории города с целью грамотного и полноценного содержания и обслуживания объектов урбандо ландшафтов [2].

Комплекс таких мероприятий позволит начать работу по созданию водно-зелёного каркаса г. Астрахани по примеру многих городов России [15; 16].

Условиями культивации почвенного покрова селитебной территории является применения активного ила с очистных сооружений канализации в качестве биологического удобрения под древесно-кустарниковой растительностью, т. к. он обладает следующими характеристиками: отсутствием токсичности (5 класс опасности), степенью обезвоженности (до 50–70 %), отсутствием солей тяжёлых металлов (особенно токсичных). Норма внесения активного ила зависит от степени гумусированности почвенного покрова под растениями, обычно составляя от 10 до 30 т/га сухого вещества [4; 10].

Методика расчёта теоретически допустимых норм внесимого осадка сточных вод на примере содержания азота предусматривает расчёт норм осадка по содержанию минерального и общего азота [13].

Расчёт норм осадка по содержанию минерального азота в нем проводится по формуле 1:

$$D_{N_{\min}}^* = B \cdot Y / C_{N_{\min}}, \quad (1)$$

где $D_{N_{\min}}^*$ — теоретически допустимая норма осадка, т/га сухой массы;

B — вынос азота 1 т урожая (приложение 4 [13]);

Y — урожай основной продукции, т/га;

$C_{N_{\min}}$ — содержание минерального азота ($N - NO_3 + N - NH_4$) в 1 т сухой массы осадка, кг.

Расчёт норм осадка по содержанию общего азота в нем проводится по формуле 2:

$$D_N^* = 300 / C_N, \quad (2)$$

где D_N^* — теоретически допустимая норма осадка, т/га сухой массы;

C_N — содержание общего азота в 1 т сухой массы осадка, кг;

300 — максимальная доза внесения азота с осадком, кг/га.

Необходимо вести мониторинг агрохимических и агробиологических свойств почв зелёной зоны периодичностью один раз в пять лет силами ГЦАС «Астраханский» для корректировки схемы их удобрения.

Выводы и рекомендации

Областной центр находится в крайне неблагоприятных климатических условиях повышенной загазованности, подтопления, вторичного засоления и деградации почвенного покрова, катастрофического исчезновения самых главных основ микроклимата — зелёных зон с древесно-кустарниковой растительностью и системами их увлажнения. Необходимо расширить зелёные пространства, запретить их сведение вдоль магистралей и городских каналов без дальнейшего восстановления, включить в строительные проекты благоустройство контролируемой организации зелёных зон с древесно-кустарниковой растительностью с системами полива. Для культивации почвенного покрова предлагается использовать продукты переработки осадка с очистных сооружений канализации. Предлагается набор лиственных древесно-кустарниковых растений, имеющих хорошие свойства адаптации к условиям аридного засушливого климата региона. Должны быть обязательны к исполнению правила по содержанию городских зелёных насаждений и развитию фитомелиоративного фильтра нашего города.

Список литературы

1. Архив погоды в Астрахани. URL: <https://world-weather.ru/archive/russia/astrakhan/>.
2. Бухарина И. Л., Журавлева А. Н., Большова О. Г. Городские насаждения: экологический аспект. Ижевск: Удмуртский университет, 2012. – 06 с.
3. Генеральный план развития города Астрахани до 2025 года, утверждённый Городской думой от 19.07.2007 № 82 (в редакциях № 69 от 16.07.2020 г, № 57 от 06.05.2022 г, № 111 от 22.09.2022). URL: <https://www.astrgorod.ru/podrazdeleniya/generalnyy-plan-razvitiya-goroda-astrahani>.
4. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017708>.
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 10 января 2005 года № 190-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/.
6. Ерохина В. И. Озеленение населённых мест. Москва: Стройиздат, 1987. 480 с.
7. Ильченко И. А. Система зелёных насаждений города как средообразующий фактор городского микроклимата // Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2014. № 1 (19). С. 37–42.
8. Кособокова С. Р., Константинова Е. А. К вопросу о состоянии озеленения г. Астрахани и проблемах безопасности населения // Астраханский вестник экологического образования. 2022. № 3 (69). С. 113–118.
9. Кособокова С. Р., Морозова Л. В. Представители голосеменных растений в системе озеленения и благоустройства урбанизированных территорий аридной зоны // Естественные науки. 2015. № 3 (52). С. 18–23.
10. Курмангалиева А. Р., Набиев Р. А. Модернизация технологии переработки осадка на канализационных очистных сооружениях г. Астрахани // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. 2018. Вып. 53 (72). С. 113–122.
11. МДС 13-5.2000. Правила создания, охраны и содержания зелёных насаждений в городах Российской Федерации, утвержденные Приказом Госстроя РФ от 15.12.99 № 153. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200041607>.
12. Методические рекомендации по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований. Москва: Госстрой России, ГУП Академия коммунального хозяйства, 1999. 62 с.
13. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000109>.
14. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Астраханской области в 2021 году. Астрахань: Управление Роспотребнадзора по Астраханской области, 2022. 190 с.
15. Применение обработанных химическими реагентами осадков городских сточных вод в качестве удобрений. Владимир, 1986. 31 с.
16. Рекомендации по использованию сброженного осадка сточных вод южной части города Волгограда в качестве органических удобрений. Москва, 1984. 12 с.
17. Тетиор А. Н. Городская экология. 3-е изд. Москва: Академия, 2008. 336 с.

References

1. *Astrakhan weather archive*. Available at: <https://world-weather.ru/archive/russia/astrakhan/> (In Russ.).
2. Bukharina I. L., Zhuravleva A. N., Bolyshova O. G. *Urban plantations: ecological aspect*. Izhevsk: Udmurt University; 2012:206 (In Russ.).
3. *General plan for the development of the city of Astrakhan until 2025, approved by the City Duma on July 19, 2007, No. 82 (as amended by No. 69 of July 16, 2020, No. 57 of May 6, 2022, No. 111 of September 22, 2022)*. Available at: <https://www.astrgorod.ru/podrazdeleniya/generalnyy-plan-razvitiya-goroda-astrahani> (In Russ.).
4. *GOST R 17.4.3.07-2001 Nature Protection. Soils. Requirements for the properties of sewage sludge when used as fertilizers*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200017708> (In Russ.).
5. *Urban Planning Code of the Russian Federation dated January 10, 2005 No. 190-FZ*. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (In Russ.).

6. Erokhina V. I. *Landscaping of populated areas*. Moscow: Stroyizdat; 1987:480 (In Russ.).
7. Ilchenko I. A. The system of green spaces of the city as an environment-forming factor of the urban microclimate. *Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics*. 2014;1(19):37–42 (In Russ.).
8. Kosobokova S. R., Konstantinova E. A. To the question of the state of landscaping in the city of Astrakhan and the problems of public safety. *Astrakhan Bulletin of Ecological Education*. 2022;3(69):113–118 (In Russ.).
9. Kosobokova S. R., Morozova L. V. Representatives of gymnosperms in the system of landscaping and landscaping of urbanized areas of the arid zone. *Natural Sciences*. 2015;3(52):18–23 (In Russ.).
10. Kurmangalieva A. R., Nabiev R. A. Modernization of sludge processing technology at sewage treatment facilities in Astrakhan. *Bulletin of Volgograd State Arkhitecture and Building University. Series: Construction and Architecture*. 2018;53(72):113–122 (In Russ.).
11. *MDS 13-5.2000. Rules for the creation, protection and maintenance of green spaces in the cities of the Russian Federation, approved by the Order of the Gosstroy of the Russian Federation of December 15. 1999:153*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200041607> (In Russ.).
12. *Guidelines for the development of norms and rules for the improvement of the territories of municipalities*. Moscow: Gosstroy of Russia, State Unitary Enterprise Academy communal services; 1999:62 (In Russ.).
13. *SanPiN 2.1.7.573-96. Hygienic requirements for the use of wastewater and their sludge for irrigation and fertilization*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200000109> (In Russ.).
14. *On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Astrakhan region in 2021*. Astrakhan: Office of Rospotrebnadzor for the Astrakhan region; 2022:190 (In Russ.).
15. *Use of chemically treated municipal sewage sludge as fertilizer*. Vladimir: 1986:31 (In Russ.).
16. *Recommendations for the use of digested sewage sludge from the southern part of the city of Volgograd as organic fertilizers*. Moscow:1984:12 (In Russ.).
17. Tetior A. N. *Urban ecology*. 3rd ed. Moscow: Academy; 2008:336 (In Russ.).

Информация об авторах

Курмангалиева А. Р. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Кособокова С. Р. — кандидат биологических наук, заведующий кафедрой.

Information about the authors

Kurmangalieva A. R. — Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor;
Kosobokova S. R. — Candidate of Sciences (Biological), Head of the Department.

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 11.02.2023; одобрена после рецензирования 23.03.2023; принята к публикации 14.04.2023.

The article was submitted 11.02.2023; approved after reviewing 23.03.2023; accepted for publication 14.04.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 148–151.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):148–151 (In Russ.).

Научная статья
УДК 504.4.054
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_148

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЕЛЬТЫ р. ВОЛГИ

Морозова Лариса Александровна^{1✉}, Муравина Мария Вячеславовна², Дмитриев Евгений Андреевич³, Рязанова Анастасия Станиславовна⁴

^{1,3,4} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
² Служба природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области, Астрахань, Россия

¹ larisa.mor@bk.ru
² lisinamariya97@gmail.com
³ kafedra.geografii@mail.ru
⁴ kadna@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются проблемы деградации водных объектов дельты р. Волги на примере водной системы ильмена Григорьевский. Раскрываются причины изменения гидравлических характеристик водотока при воздействии на его сток и режим уровней каскада гидроэлектростанций и водохранилищ, созданных на р. Волге. Приводятся меры по восстановлению естественных процессов самоочищения и оптимизации экологического состояния водного объекта.

Ключевые слова: дельта р. Волги, речное русло, речной сток, водоток, ильмень, водная система.

Для цитирования: Морозова Л. А., Муравина М. В., Дмитриев Е. А., Рязанова А. С. Восстановление экологического состояния водных объектов дельты реки Волги // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 148–151. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_148.

RESTORATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE VOLGA RIVER DELTA WATER BODIES

Larisa A. Morozova^{1✉}, Maria V. Muravina², Evgeny A. Dmitriev³, Anastasia S. Ryazanova⁴

^{1,3,4} Tatischev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia
² Nature Management and Environmental Protection Service of the Astrakhan Region, Astrakhan, Russia

¹ larisa.mor@bk.ru
² lisinamariya97@gmail.com
³ kafedra.geografii@mail.ru
⁴ kadna@mail.ru

Abstract. The article deals with the problems of degradation of water bodies of the Volga River delta on the example of the Ilmen Grigoryevsky water system; the reasons for changes in the hydraulic characteristics of the watercourse when its flow is affected and the regime of the levels of the cascade of hydroelectric power plants and reservoirs created on the Volga River are revealed. Measures are given to restore the natural processes of self-purification and optimize the ecological state of the water body.

Keywords: Volga river delta, riverbed, river flow, watercourse, ilmen, water system

For citation: Morozova L. A., Muravina M. V., Dmitriev E. A., Ryazanova A. S. Restoration of the ecological state of water bodies of the Volga River delta. *Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):148–151 (In Russ.).* https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_148.

Проблемы качественного и количественного истощения водных ресурсов не теряют своей актуальности и связаны как с природными факторами, так и с антропогенной составляющей.

Природные особенности территории Астраханской области, аридный климат не способствуют развитию гидрографической сети и усложняют проблемы водообеспеченности. Так, р. Волга в пределах региона не имеет ни одного притока. В то же время изъятие значительной части стока на хозяйственные нужды в Нижнем Поволжье и со всей площади водосборного

бассейна, а также сброс бытовых и производственных сточных вод приводят как к количественному, так и к качественному истощению ресурсов пресных вод, представляющих основу жизнедеятельности человека и всего живого на Земле.

Формирование речных русел происходит в результате взаимодействия таких процессов, как эрозия (размыв русел и поймы), а также перенос и аккумуляция наносов. Соотношение между расходом наносов и транспортирующей способностью потока связаны с комплексом природных условий как всего водосбора, так и конкретным участком реки. Особенности климатических условий и свойств подстилающей поверхности бассейна реки оказывают непосредственное влияние на объём и режим жидкого стока и формирование твёрдого стока (наносов), воздействующих, в свою очередь, на морфометрические характеристики русла [1].

В дельте Волги сформировалась сложная сеть направлений стока, соответствующих основным водным артериям: Бузану, Болде, Камызяку, Старой Волге, Бахтемиру, — образующих системы более мелких водотоков, составляющих основу русловой сети.

В естественных условиях (до 1958 г.), распределение объёма стока Волги было неравномерным: большая его часть (70 %) приходилась на весну, по 30 % — на лето и осень, и только 10 % от среднегодового стока — на зиму. Зарегулирование стока Волги, строительство гидроэлектростанций и водохранилищ вызвало изменение всех составляющих речного стока: наносов, растворённых веществ, качества и скорости течения воды, интенсивности гидролого-морфологических процессов формирования русел. Наибольшее воздействие гидротехническое строительство оказало на показатели внутригодового распределения стока и максимального расхода воды. По сравнению с естественным стоком, произошло заметное снижение, особенно в часто повторяющиеся маловодные годы, максимальных расходов воды в период весеннего паводка и сокращение его сроков [2; 3].

Искусственное нарушение соответствия между транспортирующей способностью водотока и количеством взвесей, поступающих с водосборной площади, является одной из основных причин заиления речных русел.

Транспортирующая способность речного потока определяется скоростью течения. Вследствие аккумуляции стока в паводок и отбора стока в межень для хозяйственного использования, скорости течения и, соответственно, транспортирующая способность уменьшаются. Так, сокращение расхода в реке на 25 % приводит к снижению транспортирующей способности потока в два раза [6].

Изменение гидравлических характеристик водотока при воздействии на его сток и режим уровней уменьшает также размывающую способность речного потока. В результате скопившиеся русловые отложения не могут размываться речным потоком в период весеннего паводка и процесс аккумуляции отложений в речном русле становится прогрессирующим.

В сложившейся ситуации, в маловодные годы водные объекты с пониженной проточностью, с некогда сбалансированной экосистемой, в которой действовали механизмы самоочищения, оказываются наиболее уязвимыми, постепенно теряют способность к весеннему промыву донных отложений, самоочищению и заливаются [7; 8].

Данные процессы становятся характерными для небольших водотоков дельты Волги, способствуя их деградации и исчезновению, что значительно нарушает экологическое состояние экосистем региона.

Вышеописанные процессы ярко выражены на примере водной системы ильменя Григорьевский. Некогда полноводная система, служившая миграционным путем прохода на нерест ценных пород рыб, в том числе осетровых видов, практически полностью заиливалась. Основным водотоком, снабжающим ильмень водой, является ер. Кашин. Он берёт начало от пр. Фомин Банк, впадает в ильмень Григорьевский, который соединяется с ер. Вахрамеевым. Таким образом, ер. Кашин и ильмень Григорьевский являются единой водной системой. С целью экологического оздоровления ильменя Григорьевский и восстановления его биологической продуктивности в 2016 г. был отрегулирован нормальный водообмен за счёт расчистки ер. Кашина. Глубина воды в ерике от 0 до 1,9 м (в основном 0,1–0,5 м). Проведены работы по расчистке 4,5 км ерика. Глубина воды в ильмене Григорьевский от 0,3 до 1,1 м (в основном 0,5–0,8 м). Расчистка ильменя Григорьевский осуществлена посредством устройства прорези от устья ер. Кашина до выхода ильменя в ер. Вахрамеев протяжённостью 970 м.

Водная система «ер. Кашин – ильмень Григорьевский» расположена в юго-восточной оконечности дельты р. Волги и непосредственно примыкает к акватории авандельты с её раскатной частью. В этом районе на гидрологический режим водной системы существенное влияние оказывают многолетние циклы колебаний уровня Каспийского моря. За период от последнего цикла уровня моря в 1999 г. на абсолютной отметке минус 26,80 м произошло существенное снижение уровня на 1,4 м до абсолютной отметки минус 28,20 м.

Одновременно с этим процессом, в связи с явно выраженным маловодным циклом стока р. Волги начиная с 2006 г., уменьшением скорости течения воды и снижением промывного действия весеннего паводка, практически во всех водотоках дельты резко усилился процесс аккумуляции донных отложений [5].

В результате совместного действия этих двух взаимосвязанных явлений произошло снижение уровня воды в различных районах авандельты от 40 до 70 см. На акватории водной системы «ер. Кашин – ильмень Григорьевский» это привело к падению уровня воды на 40–50 см. Полное пересыхание данной акватории предотвращалось только поддержанием стока р. Волги на уровне не ниже 40–50 % обеспеченности. Однако фоновые глубины водной системы «ер. Кашин – ильмень Григорьевский» упали до 40–50 см даже при уровне воды 50 % обеспеченности.

Ширина прорези расчистки была принята, исходя из многолетнего опыта эксплуатации естественных водотоков в дельте р. Волги. При устройстве прорези расчистки шириной менее 20 м, в связи с активным воздействием нагонных ветров юго-восточного направления, а также слабой внутренней связью илистых и супесчаных отложений на дне, происходит очень быстрое оползание откосов прорези и живое сечение водотока существенно сокращается, что могло бы привести к значительному снижению положительного эффекта от проведения расчистки.

С учётом вышеизложенного, ширина прорези расчистки ер. Кашина принята 25,5–27,5 м, а ильменя Григорьевский — 25,5–29,0 м в зависимости от параметров водных объектов.

Русло водных объектов плотно закрыто погружённой мягкой водной растительностью и тростником. В результате скорость течения воды в меженный период не превышала 0,1 м/с, что приводило в условиях жаркого климата Астраханской области к возникновению застойных явлений и резкому ухудшению качества воды в связи с разложением органических остатков растительности и интенсивным заболачиванием [5].

Данные процессы значительно осложняли как экологическое состояние экосистемы аквального комплекса, так и санитарное состояние водных объектов, несущих угрозу распространения инфекционных заболеваний среди населения, проживающего в округе.

В административном отношении водная система «ер. Кашин – ильмень Григорьевский» расположена в Володарском районе Астраханской области на землях муниципального образования «Мултановский сельсовет» на участке, входящем в состав водно-болотных угодий «Дельта реки Волга».

Данная территория охраняется Рамсарской конвенцией о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц. Водно-болотные угодья представляют собой дельтовую область с островами, покрытыми тростниково-рогозовыми крепями, ивовыми лесами, зарослями тростника, ежеголовника и открытыми акваториями с подводно-луговым зарастанием. Здесь расположены места массового нереста полупроходных рыб и миграций на нерест осетровых рыб, а также массового гнездования водоплавающих и колониально гнездящихся веслоногих и голенастых птиц. Район Водно-Болотных угодий лежит на одном из крупнейших пролетных путей водных птиц [6].

Проведенная расчистка рассчитана на увеличение пропускной способности русла ер. Кашина и ильменя Григорьевский в меженный период и, как следствие, на восстановление функций самоочистки и самовосстановления водного объекта, что приведёт к нормализации экологического состояния в бассейне вышеуказанных водных объектов.

Очистка русел рек от загрязнённых донных отложений входит в систему мероприятий по охране водных источников в населённых пунктах, городах, градопромышленных районах, агропромышленных комплексах и за их пределами — в зонах отрицательного влияния на санитарное состояние водотока.

Ретроспективный анализ позволяет прогнозировать длительность положительного влияния деятельности по возобновлению естественных процессов самоочистки, восстановлению биологической продуктивности и оздоровлению санитарного состояния аквального комплекса ильменя Григорьевский на период около 50 лет.

Список литературы

1. Белевич Е. Ф. Грунты подstepных ильменей дельты р. Волги // Труды Астраханского государственного заповедника. Астрахань, 1958. Вып. 3. С. 35–62.
2. Брюшков В. И. Западные подstepные ильмени // Труды Государственного океанографического института. 1951. Вып. 18 (30). С. 172–182.
3. Гурьева М. С., Морозова Л. А., Бармин А. Н. Геоэкологические проблемы качества водных ресурсов Астраханской области и их рациональное использование. Астрахань: Техноград, 2011. 155 с.
4. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2015 году. URL: <https://nat.as-trobl.ru/docs/document-16g5-4e75-73-0a0a>.
5. Меретин А. В. Перспективы развития западно-подstepных ильменей Астраханской области // Рыбоводство и рыболовство. 2002. № 1. С. 102–114.

6. Морозова Л. А., Гурьева М. С., Бармин А. Н. Анализ водохозяйственной ситуации в Нижнем Поволжье // Геология, география и глобальная энергия. 2012. № 1 (44). С. 188–193.
7. Морозова Л. А., Ююков Е. С., Ажбаева Д. В. Факторы, определяющие качество воды водотоков // Геология, география и глобальная энергия. 2020. № 2 (77). С. 68–72.
8. Морозова Л. А., Декина А. М. Особенности воздействия водохранилищ на окружающую среду и речные экосистемы // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы его рационального использования. Санкт-Петербург: Сциентиа, 2022. С. 34–41.

References

1. Belevich E. F. The soils of the subtidal ilmen of the Volga River delta. *Proceedings of the Astrakhan State Reserve*. 1958;3:35–62 (In Russ.).
2. Bryushkov V. I. Western podstepnye ilmeni. *Proceedings of the State Oceanographic Institute*. 1951;18(30):172–182 (In Russ.).
3. Guryeva M. S., Morozova L. A., Barmin A. N. Geoeological problems of the quality of water resources of the Astrakhan region and their rational use. Astrakhan: Technograd; 2011:155 (In Russ.).
4. Report on the environmental situation in the Astrakhan region in 2015. Available at: <https://nat.astrobl.ru/docs/document-16g5-4e75-73-0a0a>.
5. Meretin A. V. Prospects for the development of the Western sub-steppe ilmen of the Astrakhan region. *Fish farming and fisheries*. 2002;1:102–114 (In Russ.).
6. Morozova L. A., Guryeva M. S., Barmin A. N. Analysis of the water management situation in the Lower Volga region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2012;1(44):188–193 (In Russ.).
7. Morozova L. A., Yuyukov E. S., Azhbaeva D. V. Factors determining the water quality of watercourses. *Geology, Geography and Global Energy*. 2020;2(77):68–72 (In Russ.).
8. Morozova L. A., Dekina A. M. Features of the impact of reservoirs on the environment and river ecosystems. *Natural resource potential of the Caspian Sea and adjacent territories: problems of its rational use*. St. Petersburg: Scientia; 202 :34–41 (In Russ.).

Информация об авторах

Морозова Л. А. — кандидат географических наук, доцент;
Муравина М. В. — главный специалист;
Дмитриев Е. А. — аспирант;
Рязанова А. С. — аспирант.

Information about the authors

Morozova L. A. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Muravina M. V. — Chief Specialist;
Dmitriev E. A. — postgraduate student;
Ryazanova A. S. — postgraduate 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 20.03.2023; одобрена после рецензирования 10.04.2023; принята к публикации 26.04.2023.

The article was submitted 20.03.02.2023; approved after reviewing 10.04.2023; accepted for publication 26.04.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 152–157.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):152–157 (In Russ.).

Научная статья
УДК 628.527.5:69.034.96
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_152

ДРЕНАЖ КАК ИНСТРУМЕНТ ЗАЩИТЫ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ И ПОДТОПЛЕНИЯ

Парфентьев Олег Александрович¹, Троценко Ирина Александровна²✉, Корчевская Юлия Владимировна³

^{1, 2, 3} Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омск, Россия

¹ parfentyev10@yandex.ru

² ia.trotsenko@omgau.org ✉, <https://orcid.org/0000-0003-0109-8460>

³ yuv.korchevskaya@omgau.org, <https://orcid.org/0000-0001-5805-6910>

Аннотация. Для защиты селитебных территорий городов и сельских населённых пунктов от затопления поверхностными и подтопления подземными водами, а также для локализации вредного воздействия этих вод на условия застройки, широко применяются методы и способы инженерной защиты территорий. В качестве одного из основных средств инженерной защиты предусматриваются дренажные системы и отдельные дренажи, сооружения по отводу поверхностного стока. Пластовый дренаж является одним из самых эффективных способов отвода грунтовых вод с территории, а также влаги, образующейся вследствие проникновения атмосферных осадков в грунт или почву. Для более надёжной защиты местности от дождевых и талых вод пластовый дренаж используется в совокупности с другим типом систем поверхностного водоотвода — водосточная система, построенная по принципу ливневой канализации.

Ключевые слова: затопление, подтопление, селитебные территории, пластовый дренаж, ливневая канализация

Для цитирования: Парфентьев О. А., Троценко И. А., Корчевская Ю. В. Дренаж как инструмент защиты селитебных территорий от затопления и подтопления // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2. С. 152–157. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_152.

DRAINAGE AS A TOOL TO PROTECT RESIDENTIAL AREAS FROM FLOODING AND WATERLOGGING

Oleg A. Parfentev¹, Irina A. Trotsenko²✉, Yulia V. Korchevskaya³

^{1, 2, 3} Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia

¹ parfentyev10@yandex.ru

² ia.trotsenko@omgau.org ✉, <https://orcid.org/0000-0003-0109-8460>

³ yuv.korchevskaya@omgau.org, <https://orcid.org/0000-0001-5805-6910>

Abstract. Methods and techniques of engineering protection of territories are widely used for the protection of residential areas of cities and rural settlements from flooding by surface water and underflooding by groundwater, as well as for the localization of the harmful effects of these waters on the conditions of development. As one of the main means of engineering protection, drainage systems and separate drains and structures for drainage of surface runoff are envisaged. Formation drainage is one of the most effective ways of drainage of ground waters from the territory, as well as moisture formed as a result of atmospheric precipitation penetration into the ground or soil. For better protection of the area from rain and melt water drainage is used in conjunction with another type of surface drainage system — a drainage system, built on the principle of stormwater drainage.

Keywords: flooding, underflooding, residential areas, city, rural settlements, formation drainage, storm water drainage

For citation: Parfentev O. A., Trotsenko I. A., Korchevskaya Yu. V. Drainage as a tool to protect residential areas from flooding and waterlogging. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89):152–157 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_152.

Введение

Атмосферные осадки, выпадающие в летне-осенний период года, формируют дождевой сток. Атмосферные осадки, выпадающие в холодный период года, весной образуют — талый сток. Воды дождевых и талых стоков, просочившиеся в грунт, формируют дренажный (инфильтрационный) сток, способствуют усилению питания естественных грунтовых вод, поднимая их уровень и изменяя фильтрационную динамику.

Подтопление населённых пунктов является одной из важнейших экологических проблем. Борьба с ним сложная и дорогостоящая. Сложность заключается в том, что практически невозможно исключить все факторы подтопления, как естественные, так и искусственные.

Для предотвращения затопления и подтопления, создания нормальных условий развития селитебных территорий необходимо выполнить регулирование поверхностного и грунтового стока вод специальными мероприятиями. Для отвода поверхностного стока использовать канализационную сеть, а для отвода подземных вод разработать систему водопонижения.

Объекты и методы

Объектами исследования защиты селитебных территорий от затопления поверхностными и подтопления подземными водами, а также для локализации вредного воздействия этих вод на условия застройки является строительная площадка микрорайона Рябиновка (дома № 13, 14 и 19) в Кировском АО г. Омска. Каждый из исследуемых домов (рис. 1) трёхэтажный по высоте и в плане имеют форму прямоугольника размерами 42 × 18 м с прилегающими к ним дворовыми территориями.



Рисунок 1 — План исследуемого объекта с прилегающими территориями: \odot — скважина; $\frac{C-1}{89,05}$ — номер скважины / абсолютная отметка; — 0,9 — изопахиты мощности первого от поверхности водоносного горизонта; — 36,5 — гидроизогипс; ↑ направление движения грунтовых вод

На примере данной строительной площадки рассмотрим эффективность применения пластикового дренажа в совокупности с ливневой канализацией. Основным методом прогноза подтопления застроенных и застраиваемых территорий следует считать аналитический метод. Для получения более дифференциальных по площади данных и прогнозу уровней возможно применение метода моделирования. В некоторых случаях точные прогнозы и не требуются, достаточно лишь приближенная оценка возможности подтопления территории с целью постановки специальных гидрогеологических исследований. В этих условиях оказывается вполне удовлетворительным применение экспериментальных методов [1; 2].

На объекте исследовалась система пластового дренажа — дренажная постель, пристенный дренаж, трубчатая дрена и ДНС. Дренажная постель двухслойная под зданием, по дну котлована, с уклоном 0,01.

Нижний слой дренажной постели укладывается на грунт, выполняется из среднезернистого песка, в котором вес частиц крупнее 0,25 мм составляет более 50 %. Коэффициент неоднородности песка не должен превышать 10, $n = D_{60} / D_{10} \leq 10$. Суммарная примесь глинистых и пылеватых частиц — не более 5 %. При наличии в песке, щебне или гравии глинистых и пылеватых частиц больше допустимого дренирующий материал необходимо просеять или промыть. На участке, где дренажная постель соприкасается с мягкопластичными грунтами, основание под дренаж уплотняется слоем щебня, втрамбованного в грунт [4].

С наружной стороны здания от расчётного положения уровня подземных вод устраивается пристенный дренаж, представляющий вертикальный фильтрующий слой. Перед укладкой пристенного фильтрующего слоя наружные поверхности стен покрываются слоем битума. Пристенный дренаж выполняется обратной засыпкой пазух котлована у защищаемого сооружения песчаным грунтом или песчано-гравийной смесью с коэффициентом фильтрации более 5 м/сут., при обеспечении надлежащего сопряжения засыпки с дренажной постелью и фильтровой обсыпкой трубчатых дрен. Пристенный дренаж в верхней части защищается от попадания загрязнённых поверхностных вод глиняным замком или асфальтовой отмосткой по поверхности земли. Для фильтровой обсыпки труб применяется фракционный песок крупностью 2,0–0,63 мм по ГОСТ 8736-2014. Минимальная толщина песчаного слоя — 10 см [5].

Согласно выполненным расчётам, расход пластового дренажа на один дом составляет 51,2 м³/сут.

Для отвода собираемой пластовым дренажем воды за пределы защищаемого сооружения укладывается самотечная сеть трубчатых дрен. В пределах пластового дренажа вокруг труб устраивается фильтровая обсыпка, которая должна сопрягаться с дренажной постелью или пристенным дренажем.

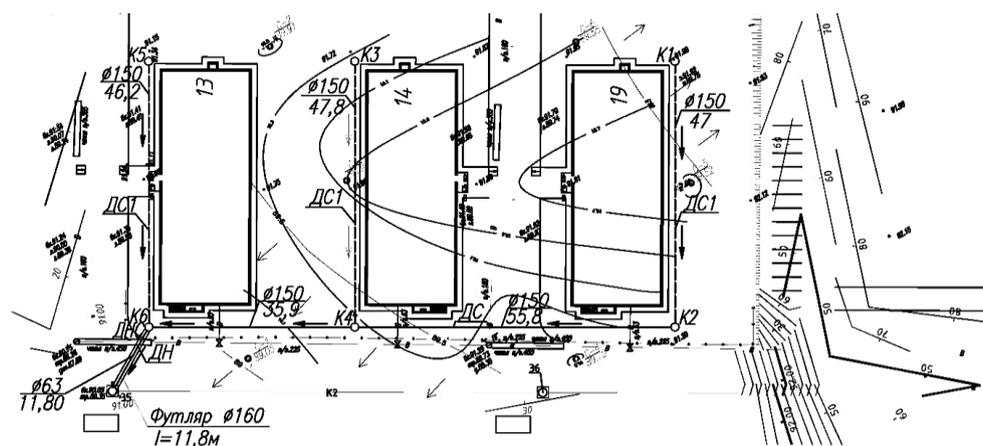


Рисунок 3 — Схема инженерной защиты исследуемого объекта от затопления и подтопления (пластовый дренаж в совокупности с ливневой канализацией)

В качестве трубчатых дрен используем гофрированные трубы диаметром 150 мм. Далее собираемая вода поступает в сборный колодец (дренажная насосная станция — ДНС), где установлен погружной грязевой автоматический насос фирмы “GRUNDFOS” марки AP 12.40.06.1. В конструкции данного насоса предусматривается сетка, которая защищает его от попадания частиц, размер которых превышает 10 мм.

Для эксплуатации дренажа и мониторинга его работы на дренажной сети устраивают смотровые колодцы диаметром 1,0–2,0 м. Колодцы выполняются из сборных железобетонных элементов с лотковой частью, выполняемой на месте из бетона класса В15, F100, W4.

Пластовый дренаж считается одним из самых эффективных способов отвести от территории грунтовые воды, а также влагу, образующуюся вследствие проникновения атмосферных осадков в грунт или почву. Для более надёжной защиты селитебных территорий городов и сельских поселений от дождевых и талых вод пластовый дренаж используется в совокупности

с другим видом систем поверхностного водоотвода. На исследуемом объекте вторым видом дренажных систем принята водосточная система ливневой канализации (рис. 2) [5; 6].

Были определены расходы дождевых вод в коллекторах ливневой канализации при переменном коэффициенте стока (Q_r) и расчётные расходы талых вод в водосточной сети при весеннем снеготаянии (Q_t), которые составили 33,45 и 0,76 л/с соответственно.

Заключение

Расходы талых вод на исследуемом объекте (0,76 л/с) значительно меньше расходов дождевых вод (33,45 л/с) и в большинстве случаев при расчёте сетей водосточной системы ливневой канализации во внимание не принимаются. Необходимость в их определении возникает при выполнении проверочных расчётов при отведении стоков с водосборных бассейнов с большой долей грунтовых поверхностей и зелёных насаждений.

Воды дождевых и талых стоков, просочившиеся в грунт, формируют дренажный (инфильтрационный) сток, способствуют усилению питания естественных грунтовых вод, поднимая их уровень и изменяя фильтрационную динамику.

Пластовый дренаж является одним из самых эффективных способов отвода грунтовых вод с территории, а также влаги, образующейся вследствие частичного проникновения атмосферных осадков в грунт или почву.

Для более надёжной защиты селитебных территорий от дождевых и талых вод пластовый дренаж необходимо использовать в совокупности с другим типом систем поверхностного водоотвода — водосточной системы ливневой канализации.

Обе системы выгодно устраивать во время возведения домов. В таком случае можно совместить трубчатые дрены дренажной и ливневой канализации в одной траншее. Такое совмещение позволит существенно сэкономить на земляных работах. При этом отводимые избыточные воды дренажной и ливневой канализации сбрасываются в один колодец и далее отводятся в самотечную городскую сеть ливневой канализации.

Список литературы

1. Луговик Е. В., Троценко И. А., Корчевская Ю. В. Анализ инженерно-геологических изысканий на строительной площадке на примере Омска // *Геология, география и глобальная энергетика*. 2022. № 3 (86). С. 126–131. URL: https://doi.org/10.54398/20776322_2022_3_126.
2. Троценко И. А., Корчевская Ю. В. Определение границ зон затопления территорий агломераций // *Геология, география и глобальная энергия*. 2020. № 4 (79). С. 181–186.
3. Парфентьев О. А., Сологаев В. И. О мониторинге подтопления территорий городов и сельских поселений на примере пятиэтажного кирпичного здания // *Омский научный вестник*. 2016, февраль. С. 127–133.
4. Корчевская Ю. В., Ушакова И. Г., Троценко И. А. Определение фильтрационных параметров дренирующих подсыпок лабораторными методами // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33, № 4. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10414.
5. Рекомендации по расчёту систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / Ю. А. Меншутин, к. т. н. Л. М. Верещагина, к. т. н. А. С. Керн, Е. В. Фомичева [и др.]. Москва: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2015. 146 с.
6. Маркин В. Н., Раткович Л. Д., Соколова С. А. Обоснование мероприятий по защите земель от затопления. Москва: МГУП, 2010. 59 с.

References

1. Lugovik E. V., Trotsenko I. A., Korchevskaya Yu. V. Analysis of engineering and geological surveys at the construction site on the example of Omsk. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;3(86):126–131 (In Russ.).
2. Trotsenko I. A., Korchevskaya Yu. V. Determination of the boundaries of the zones of flooding of the territories of agglomerations. *Geology, Geography and Global Energy*. 2020;4(79):181–186 (In Russ.).
3. Parfentev O. A., Sologayev V. I. About monitoring of underflooding of territories of cities and rural settlements on an example of a five-storey brick building. *Omsk nauch. vestnik*. February, 2016:127–133 (In Russ.).
4. Korchevskaya Yu. V., Ushakova I. G., Trotsenko I. A. Determination of filtration parameters of draining fillings by laboratory methods. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019;33(4). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10414 (In Russ.).
5. Menshutin Yu. A., Vereshchagina L. M., Kern A. S., Fomicheva E. V. [et al.]. *Recommendations for calculation of systems of collection, removal and treatment of surface runoff of residential areas, sites of enterprises and determining the conditions of its release into water bodies*. Moscow: Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation; 2015:146 (In Russ.).
6. Markin V. N., Ratkovich L. D., Sokolova S. A. Justification of measures to protect land from flooding. Moscow: MSUE; 2010:59 (In Russ.).

Информация об авторах

Парфентьев О. А. — аспирант;
Троценко И. А. — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Корчевская Ю. В. — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой.

Information about the authors

Parfentev O. A. — postgraduate student;
Trotsenko I. A. — Candidate of Sciences (Agricultural), Associate Professor;
Korchevskaya Yu. V. — Candidate of Sciences (Agricultural), Associate Professor, Head of the Department.

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 15.02.2023; одобрена после рецензирования 27.03.2023; принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 15.02.2023; approved after reviewing 27.03.2023; accepted for publication 10.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 158–165.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):158–165 (In Russ.).

Научная статья
УДК 614.771
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_158

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Синцов Александр Владимирович^{1✉}, Бармин Александр Николаевич², Синцова Наталия Владимировна³
^{1, 2, 3} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия
^{1, 3} imsav@yandex.ru
² abarmin60@mail.ru

Аннотация. Почвенный покров современных урбанизированных территорий подвергается большому антропогенному воздействию со стороны объектов и процессов городской инфраструктуры. Вследствие такого воздействия происходит значительное изменение качественных и количественных показателей городской почвы, идёт преобразование или исчезновение экологических функций. Нижнее Поволжье представляет собой географическую область, прилегающую к нижнему течению р. Волги и имеющую выход к Каспийскому морю. На территории Нижнего Поволжья расположены три региона России, которые имеют высокий уровень урбанизации. Одним из таких регионов является Астраханская область. На территории региона отмечается значительное антропогенное изменение почвенного покрова урбанизированных территорий. В статье даётся анализ антропогенной трансформации почвенного покрова урбанизированных территорий Астраханской области, в частности Астрахани и г. Камызяка.

Ключевые слова: почвенный покров, почва, г. Астрахань, концентрация, г. Камызяк, антропогенное воздействие, трансформация, изменение, урбанизированные территории

Для цитирования: Синцов А. В., Бармин А. Н., Синцова Н. В. Антропогенная трансформация почвенного покрова урбанизированных территорий Нижнего Поволжья // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 158–165. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_158.

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE SOIL COVER OF THE URBANIZED TERRITORIES OF THE LOWER VOLGA REGION

Alexander V. Sintsov^{1✉}, Alexander N. Barmin², Natalia V. Sintsova³
^{1, 2, 3} Tatishchev Astrakhan State University, Astrakhan, Russia
^{1, 3} imsav@yandex.ru
² abarmin60@mail.ru

Abstract. The soil cover of modern urbanized areas is subjected to a great anthropogenic impact from the objects and processes of urban infrastructure. As a result of such an impact, there is a significant change in the qualitative and quantitative indicators of urban soil, there is a transformation or disappearance of ecological functions. The Lower Volga region is a geographical area adjacent to the lower reaches of the Volga River and having access to the Caspian Sea. On the territory of the Lower Volga region there are three regions of Russia that have a high level of urbanization. One of the regions of the Lower Volga region, which has a high level of urbanization, is the Astrakhan region. On the territory of the region, there is a significant anthropogenic change in the soil cover of urbanized areas. The article provides an analysis of the anthropogenic transformation of the soil cover of the urbanized territories of the Astrakhan region, namely the city of Astrakhan, the city of Kamzyak.

Keywords: soil cover, soil, Astrakhan, concentration, Kamzyak, anthropogenic impact, transformation, change, urban areas

For citation: Sintsov A. V., Barmin A. N., Sintsova N. V. Anthropogenic transformation of the soil cover of the urbanized territories of the Lower Volga region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023; 2(89):158–165 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_158.

Почвенный покров современных урбанизированных территорий подвергается значительному антропогенному воздействию, что связано с совокупной деятельностью большого количества источников и процессов.

Основными источниками антропогенной трансформации почвенного покрова на территории города являются: инженерно-строительная, промышленно-производственная, агрохозяйственная деятельность, а также деятельность городской транспортной системы и системы поддержания и развития инфраструктуры урбанизированной территории.

В ходе общего процесса антропогенной трансформации почвенного покрова города может происходить физическое, физико-механическое, химическое, биологическое изменение почвы. Напрямую с антропогенной трансформацией городских почв связаны процессы загрязнения и захламления почвенного покрова. Данные процессы негативно влияют на качественные и количественные показатели городских почв, а также могут привести к ухудшению или исчезновению основных почвенных экотонкций.

Одним из регионов Нижнего Поволжья, на территории которого отмечается высокий уровень урбанизации, является Астраханская область. Наиболее урбанизированным населённым пунктом является г. Астрахань, который выполняет функцию областного центра. Также на территории области расположено ещё пять поселений городского типа, к которым относятся города Ахтубинск, Камызяк, Харабали, Знаменск и Нариманов.

Для проведения исследования по изучению уровня антропогенной трансформации почвенного покрова урбанизированных территорий Астраханской области были выбраны города Астрахань и Камызяк.

С целью определения территорий, где почва подверглась антропогенной трансформации, были задействованы три уровня антропогенного воздействия на почвенный покров: высокий, средний и низкий. Каждый уровень соответствует установленным критериям оценки антропогенного воздействия на почву основанные на функциональности объекта или процесса, оказывающего влияние на почвенный покров.

Таблица 1 — Оценка уровня антропогенного воздействия на почвенный покров урбанизированной территории

Уровень антропогенного воздействия на почву	Критерии территориального определения антропогенного воздействия на почву	Степень антропогенного воздействия на почву
Высокий	Жилая зона (многоэтажные, средне этажные строения); производственная зона; зона транспортной системы; коммунально-складская зона, площадки ведения инженерно-строительной деятельности и места несанкционированных свалок отходов, зоны специального назначения	0,5–1,0
Средний	Жилая зона (жилые дома с приусадебными участками); дачи, садоводческие товарищества, подсобные хозяйства и т. д.; рекреационная зона	0,2–0,4
Низкий	Территории не подверженные или слабо подверженные антропогенному воздействию	0–0,1

Город Астрахань представляет собой высокоурбанизированную геоэкосистему, на территории которой почвенный покров подвергается значительному антропогенному воздействию, что связано с действием большого количества источников и процессов антропогенного и техногенного происхождения.

Почвы, которые не подверглись значительному антропогенному воздействию (низкий уровень антропогенного воздействия), сосредоточены на окраине городской территории и составляют около 10 % от общей площади г. Астрахани. Наибольшую площадь почвы с низким уровнем антропогенного воздействия занимают в двух административных районах города: Ленинском и Трусовском.

Почвы, подверженные среднему и высокому уровням антропогенного воздействия, прошедшие глубокую антропогенную трансформацию, встречаются на территории всех административных районов г. Астрахани. Их площадь составляет 90 % от всей городской территории.

На картосхеме антропогенного воздействия (рис. 1) на почвенный покров г. Астрахани можно увидеть территориальное расположение почв с разным уровнем антропогенного воздействия.

Территории, где отмечается наибольший уровень антропогенного воздействия на почву, составляют около 70 % от всей площади городских земель.

При удалении от центральной части г. Астрахани к городским окраинам можно отметить снижение антропогенного воздействия на почву, но при этом меняется специфика воздействия. На окраинах города сосредоточены промышленно-производственные объекты, склады и несанкционированные свалки.

В ходе работы были установлены основные источники антропогенного воздействия на почвенный покров, а именно: инженерно-строительная деятельность, функционирование транспортной системы, промышленно-производственная деятельность.

Наибольшее антропогенное воздействие на почву г. Астрахани оказывает инженерно-строительная деятельность, в ходе которой происходит глубокая трансформация почвенной структуры, свойств и экофункций (рис. 2).

На территории г. Астрахани было зафиксировано 21 площадка ведения инженерно-строительной деятельности, площадь которых превышала 1 000 м².

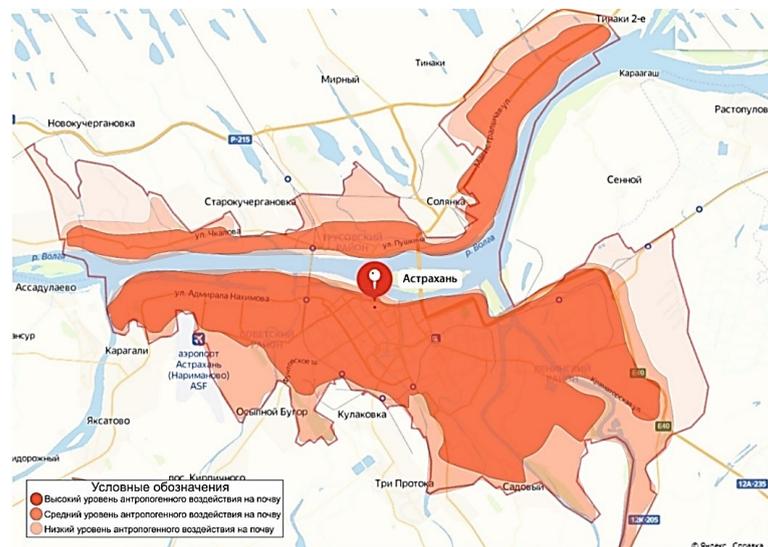


Рисунок 1 — Карта-схема антропогенного воздействия на почвенный покров г. Астрахани

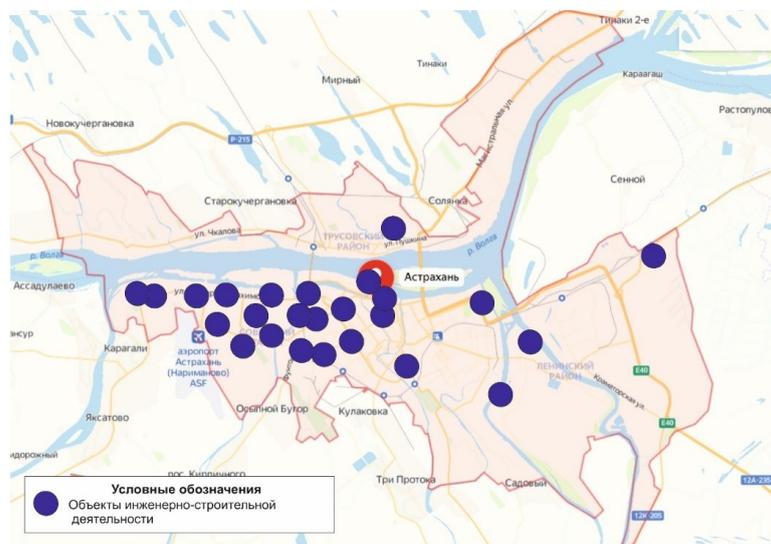


Рисунок 2 — Карта-схема размещения объектов инженерно-строительной деятельности на территории г. Астрахани

Можно отметить растущий масштаб инженерно-строительной деятельности при основной концентрации объектов строительства на левобережной части города.

Также антропогенное воздействие на почвенный покров г. Астрахани можно проследить по расположению асфальтобетонных покрытий или объектов строительства (здания, сооружения), закрывающих поверхность, словно панцирем (рис. 3). Почвы, запечатанные или экранированные асфальтобетонным покрытием, называются экранозёмами. Площадь запечатанных

почв на территории г. Астрахани составляет около 35 % от общей площади города, что, в общем, незначительно, однако можно отметить тот факт, что наибольшую физико-механическую трансформацию претерпели почвы в зоне размещения объектов капитального строительства [7–9].

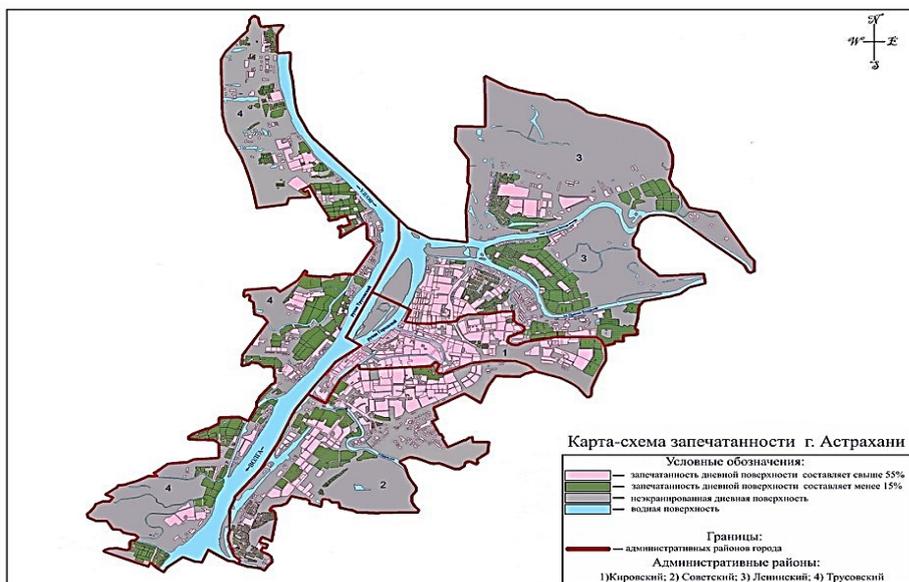


Рисунок 3 — Карта-схема экранированных почв г. Астрахани асфальтобетонным покрытием

Большой вклад в процесс антропогенной трансформации почвенного покрова г. Астрахани вносит функционирование городской транспортной системы (рис. 4).

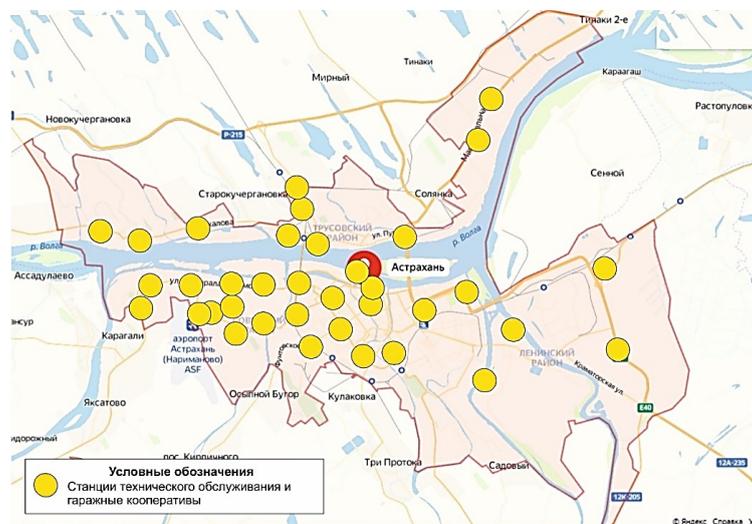


Рисунок 4 — Карта-схема размещения гаражных кооперативов и станций технического обслуживания на территории г. Астрахани

В зоне размещения объектов транспортной инфраструктуры (дорожная сеть, площадки для ремонта технических средств, топливозаправочная система и т. д.) происходит значительное загрязнение почвы материалами антропогенного или техногенного происхождения посредством её эксплуатации и общего функционирования. Основными загрязнителями от данных источников являются различные химические вещества используемые в процессе работы объектов транспортной системы города, отработанные материалы технического или бытового назначения (бытовой мусор).

Общее количество крупных источников антропогенного воздействия, связанные с техобслуживанием транспортных средств, составляет 36 объектов.

Наряду с транспортной системой большой вклад в антропогенное воздействие на почвенный покров вносит промышленно-производственный комплекс города, что связано с поступлением в почву химических веществ и материалов, образуемые в результате производственных процессов.

Основной вклад в антропогенное воздействие на почву г. Астрахани вносят предприятия, которые связаны с судостроением и судоремонтном (ССЗ имени Ленина, Астраханское судостроительное производственное объединение (бывший судостроительный завод им. Сталина), Первомайский судоремонтный завод и др.), обработкой или производством металлических изделий (Астраханский тепловозоремонтный завод и др.), обработкой и производством изделий из пластика, стекла, древесины, производством бетонных и других строительных материалов.

В общем можно отметить наибольшую антропогенную трансформацию почвенного покрова левобережной части г. Астрахани, по сравнению с правобережной частью, при том, что почв, незатронутых антропогенным воздействием, практически не осталось.

Вторым городом Астраханской области, где проводился анализ антропогенной трансформации почвенного покрова, является Камызяк, который представляет собой небольшое урбанизированное поселение, расположенное на территории Астраханской области, в 35 км к югу от г. Астрахани. Общая площадь территории города — 24 км².

На территории города естественный зонально расположенный почвенный покров отличается комплексностью с преобладанием аллювиально-дерновых и аллювиально-луговых почв. Также встречаются зональные бурые полупустынные почвы.

Наибольшее антропогенное воздействие на почвенный покров г. Камызяк отмечается в местах скопления крупной многоэтажной застройки, объектов промышленно-производственной и транспортной систем (топливозаправочные станции, гаражные кооперативы, станции технического обслуживания; рис. 5).

При анализе картографического материала были установлены потенциальные источники антропогенного воздействия почвенного покрова г. Камызяка.

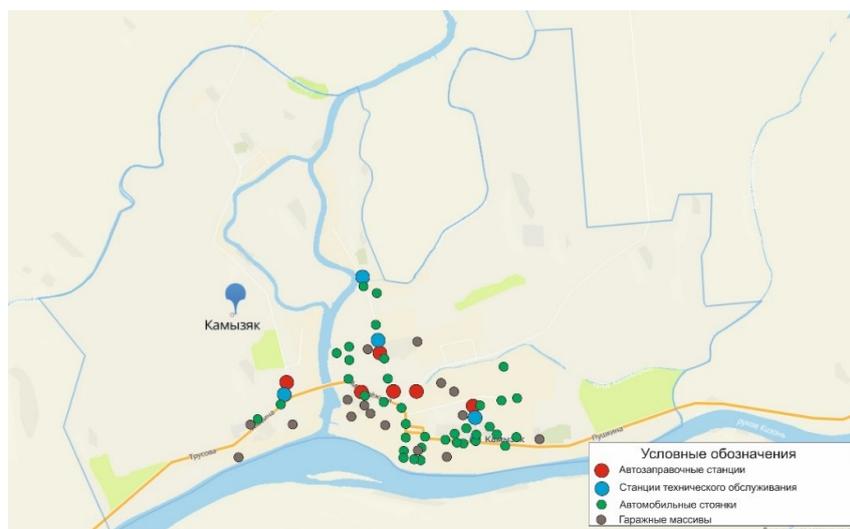


Рисунок 5 — Объекты транспортной системы г. Камызяка

На территории города расположено 16 гаражных массивов, шесть автозаправочных станций, четыре станции технического обслуживания, 38 стоянок транспортных средств.

Промышленно-производственный комплекс, вносящий вклад в антропогенное воздействие на почвенный покров поселения, представлен несколькими крупными предприятиями (рис. 6), а именно: судоремонтный участок «Камызякский участок по ремонту флота», рисовый завод, завод кровли и фасадов, бронжилетный и кирпичный заводы, а также ряд других объектов промышленности.

Почвы, не подвергшиеся антропогенной трансформации или поверхностно преобразованные, занимают значительные массивы и сосредоточены за пределами городской постройки, прилегающая к окраинам административной границы г. Камызяка (рис. 7).

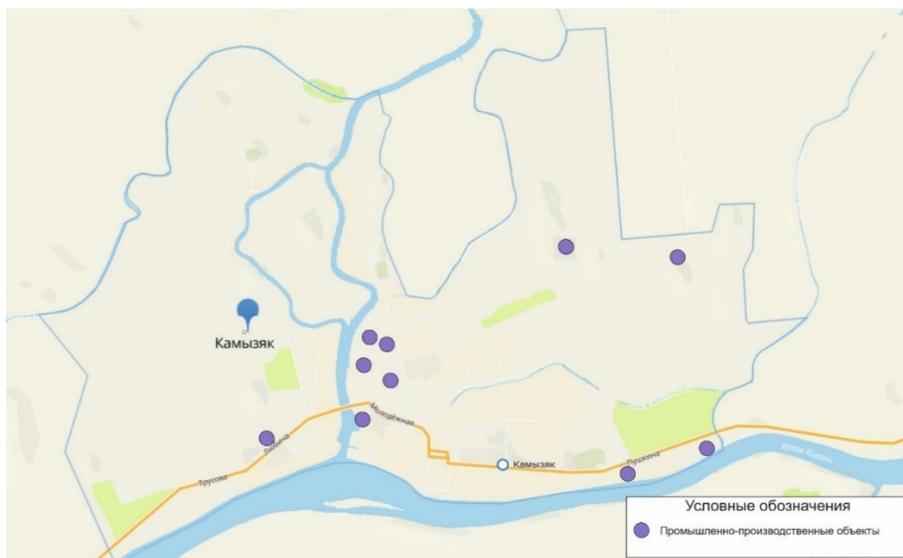


Рисунок 6 — Объекты промышленности и производства г. Камызяка

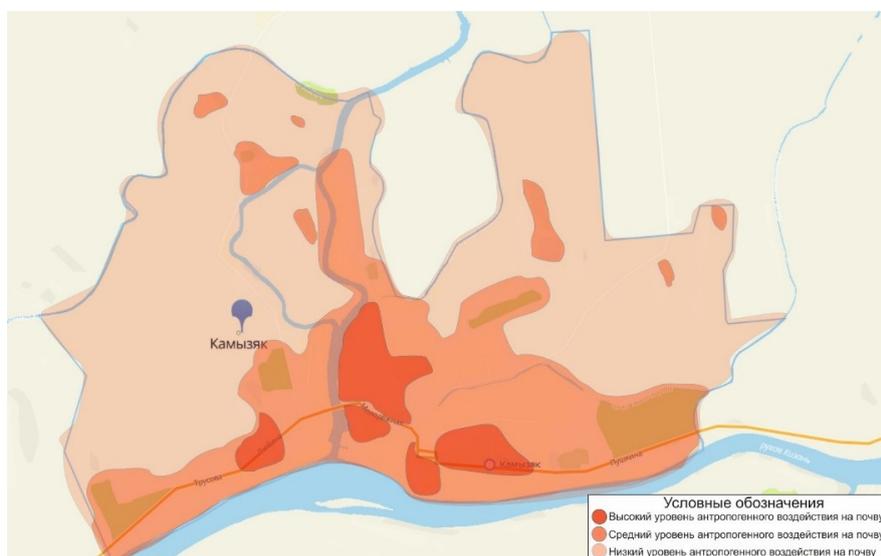


Рисунок 7 — Карта-схема антропогенного воздействия на почвенный покров г. Камызяка

Почвы, не подвергшиеся антропогенной трансформации и испытывающие низкий уровень антропогенного воздействия, занимают более половины территории города, что составляет около 60 %. Оставшиеся 40 % почвенного покрова подвержены среднему и высокому уровням антропогенного воздействия.

Наибольший уровень антропогенного воздействия отмечается в зонах административно-делового центра, жилой застройки, промышленно-производственного и коммунально-хозяйственного комплексов города.

В зависимости от размеров, административного значения, степени урбанизации поселения изменяется и уровень антропогенной трансформации почвенного покрова, что хорошо заметно при сравнении территорий г. Астрахани и г. Камызяка Астраханской области.

Список литературы

1. Болдырева Е. И. Специфика восстановления оптимального функционирования урбоземов города Астрахани // Перспективные этапы развития научных исследований: теория и практика. Кемерово, 2020. С. 24–27.
2. Болдырева Е. И. Особенности деградации почвенного покрова урбанизированной территории на примере города // Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения. Астрахань, 2020. С. 82–85.
3. Васильев А. Ю. Современное исследование почв города Астрахани, подверженных химическому влиянию // Настоящее и будущее современных научных направлений. Кемерово: Западно-Сибирский науч. центр, 2022. С. 9–11.
4. Клачкова И. В. Изучение процесса воздействия антропогенных факторов на почвенный покров городских территорий // Международное сотрудничество: опыт, проблемы и перспективы. Курск: Курский гос. ун-т, 2020. С. 36–38.
5. Максимова О. Ю. Проблема распространения свалок как источника загрязнения почвенного покрова Астраханской области // Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты. Кемерово: Западно-Сибирский науч. центр, 2019. С. 51–54.
6. Максимова О. Ю. Воздействие свалок бытовых и промышленных отходов на состояние почвенного покрова Астраханской области // Международное сотрудничество: опыт, проблемы и перспективы. Кемерово: Западно-Сибирский науч. центр, 2020. С. 39–41.
7. Синцов А. В., Бармин А. Н., Адымова Г. У. Почвенный покров урбанизированных территорий. Астрахань: АЦТ, 2010. 164 с.
8. Синцов А. В., Бармин А. Н. Современная классификация почвенного покрова городских территорий // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 3 (42). С. 149–155.
9. Синцов А. В., Бармин А. Н. Загрязнение почвенного покрова г. Астрахани тяжелыми металлами // Естественные и технические науки. 2011. № 5 (55). С. 218–223.
10. Хаюрова О. А. Особенности процесса загрязнения отходами промышленно-бытового происхождения почвы Астраханской области // Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты. Кемерово: Западно-Сибирский науч. центр, 2022. С. 15–18.
11. Черкашин Р. В. Почвоподобные образования города Астрахани: Особенности формирования и распространения // Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения. Астрахань: Астраханский университет, 2020. С. 190–194.
12. Черкашин Р. В. Химически трансформированные почвы г. Астрахани: современное развитие и территориальное распространение // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы / сост. Н. С. Шуваев, Е. А. Колчин. Астрахань: Астраханский университет, 2019. С. 108–110.
13. Черемидинова А. Э., Черкашин Р. В. Воздействие антропогенного процесса на почву урбанизированных территорий // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. Кемерово: Западно-Сибирский науч. центр, 2018. С. 52–55.
14. Черкашин Р. В. Изучение суммарных показателей загрязнения почвы города Астрахани тяжелыми металлами // Перспективные этапы развития научных исследований: теория и практика. Кемерово: Западно-Сибирский науч. центр, 2020. С. 38–41.

References

1. Boldyreva E. I. The specifics of restoring the optimal functioning of the urban areas of the city of Astrakhan. *Perspective stages in the development of scientific research: theory and practice*. Kemerovo: 2020:24–27 (In Russ.).
2. Boldyreva E. I. Features of degradation of the soil cover of an urbanized area on the example of a city. *Modern research in the Earth sciences: a retrospective, current trends and prospects for implementation*. Astrakhan: 2020:82–85 (In Russ.).
3. Vasiliev A. Yu. Modern study of the soils of the city of Astrakhan, subject to chemical influence. *Present and future of modern scientific areas*. Kemerovo: West Siberian Scientific Center; 2022:9–11 (In Russ.).
4. Klachkova I. V. Study of the impact of anthropogenic factors on the soil cover of urban areas. *International cooperation: experience, problems and prospects*. Kursk: Kursk State University; 2020:36–38 (In Russ.).
5. Maksimova O. Yu. The problem of the distribution of landfills as a source of pollution of the soil cover of the Astrakhan region. *Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects*. Kemerovo: West Siberian Scientific Center; 2019:51–54 (In Russ.).
6. Maksimova O. Yu. The impact of domestic and industrial waste dumps on the state of the soil cover of the Astrakhan region. *International cooperation: experience, problems and prospects*. Kemerovo: West Siberian Scientific Center; 2020:39–41 (In Russ.).
7. Sintsov A. V., Barmin A. N., Adyamova G. U. *Soil cover of urbanized areas*. Astrakhan: ATsT; 2010:164 (In Russ.).
8. Sintsov A. V., Barmin A. N. Modern classification of the soil cover of urban areas. *Geology, Geography and Global Energy*. 2011;3(42):149–155 (In Russ.).
9. Sintsov A. V., Barmin A. N. Pollution of the soil cover of the city of Astrakhan with heavy metals. *Natural and Technical Sciences*. 2011;5(55):218–223 (In Russ.).
10. Khayurova O. A. Features of the process of pollution of the soil of the Astrakhan region with waste of industrial and domestic origin. *Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects*. Kemerovo: West Siberian Scientific Center; 2022:15–18 (In Russ.).

11. Cherkashin R. V. Soil-like formations of the city of Astrakhan: Features of formation and distribution. *Modern research in the Earth sciences: a retrospective, current trends and prospects for implementation*. Astrakhan: Astrakhan State University; 2020:190–194 (In Russ.).

12. Cherkashin R. V. Chemically transformed soils of the city of Astrakhan: modern development and territorial distribution. *Shuvaev N. S., Kolchin E. A. Natural sciences: topical issues and social challenges*. Astrakhan: Astrakhan State University; 2019:108–110 (In Russ.).

13. Cheremitsynova A. E., Cherkashin R. V. The impact of the anthropogenic process on the soil of urbanized areas. *Scientific and technical progress: current and promising directions of the future*. Kemerovo: West Siberian Scientific Center; 2018:52–55 (In Russ.).

14. Cherkashin R. V. The study of the total indicators of soil pollution in the city of Astrakhan with heavy metals. *Perspective stages in the development of scientific research*. Kemerovo: West Siberian Scientific Center; 2020:38–41 (In Russ.).

Информация об авторах

Синцов А. В. — кандидат географических наук, доцент;
Бармин А. Н. — доктор географических наук, профессор;
Синцова Н. В. — студент.

Information about the authors

Sintsov A. V. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Barmin A. N. — Doctor of Sciences (Geographical), Professor;
Sintsova N. V. — 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 20.04.2023; одобрена после рецензирования 12.05.2023; принята к публикации 24.05.2023.

The article was submitted 20.04.2023; approved after reviewing 12.05.2023; accepted for publication 24.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 166–169.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):166–169 (In Russ.).

Научная статья
УДК 628.3:711.116(470.54-25)
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_166

ОТВОД ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Шелест Сергей Николаевич¹, Корчевская Юлия Владимировна², Троценко Ирина Александровна³✉

^{1,2,3} Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омск, Россия

¹ sn.shelest@omgau.org

² yuv.korchevskaya@omgau.org, <https://orcid.org/0000-0001-5805-6910>

³ ia.trotsenko@omgau.org✉, <https://orcid.org/0000-0003-0109-8460>

Аннотация. В результате недостаточного обеспечения поверхностного стока на застроенных территориях повсеместно наблюдается застой дождевых и талых вод. В данной статье представлено обоснование и проектирование дренажной системы на площадке строительства жилого дома в г. Екатеринбурге. Защита от подтопления проектируемого здания представляет собой сочетание пристенного дренажа и комплекса однолинейных горизонтальных дрен несовершенного типа, уложенных по периметру проектируемой застройки по типу прифундаментного дренажа.

Ключевые слова: затопление, подтопление, селитебные территории, однолинейный дренаж, пристенный дренаж

Для цитирования: Шелест С. Н., Корчевская Ю. В., Троценко И. А. Отвод поверхностного стока с территории жилой застройки // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 166–169. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_166.

REMOVAL OF SURFACE RUNOFF FROM THE TERRITORY OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT

Sergey N. Shelest¹, Yulia V. Korchevskaya², Irina A. Trotsenko³✉

^{1,2,3}Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russian Federation

¹ sn.shelest@omgau.org

² yuv.korchevskaya@omgau.org, <https://orcid.org/0000-0001-5805-6910>

³ ia.trotsenko@omgau.org✉, <https://orcid.org/0000-0003-0109-8460>

Abstract. As a result of insufficient provision of surface runoff in built-up areas, stagnation of rain and melt water is observed everywhere. This article presents the rationale and design of the drainage system at the construction site of a residential building in Yekaterinburg. Flooding protection of the designed building is a combination of near-wall drainage and a complex of single-line horizontal drains of an imperfect type, laid along the perimeter of the projected building as a foundation drainage.

Keywords: flooding, underflooding, residential areas, single-line drainage, wall drainage

For citation: Shelest S. N., Korchevskaya Yu. V., Trotsenko I. A. Removal of surface runoff from the territory of residential development. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;2(89)166–169 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_166.

Введение

В результате недостаточного обеспечения поверхностного стока на застроенных территориях повсеместно наблюдается застой дождевых и талых вод. В связи с чем происходит насыщение грунта влагой, её проникновение в подвалы жилых домов и производственных зданий, что ведёт к затоплению и подтоплению прилегающих территорий. Поэтому вопрос о разработке системы отвода поверхностного стока необходимо решать как на стадии проектирования объекта, так и при его строительстве и эксплуатации [1; 2].

Данная проблема актуальна для многих городов РФ. Ежегодно можно наблюдать за публикациями в СМИ о проблемах затопления и подтопления жилой домов, промышленных предприятий, что ведет к значительным затратам из федерального и регионального бюджетов на ликвидацию и восстановление затопленных территорий. Для предупреждения этих последствий проектирование дренажных систем является необходимым превентивным мероприятием.

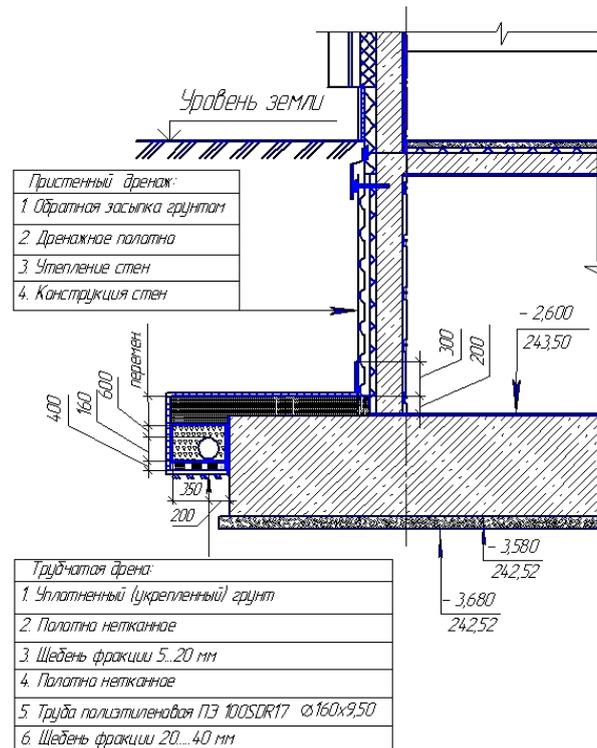


Рисунок 1 — Конструкция горизонтального однолинейного дренажа

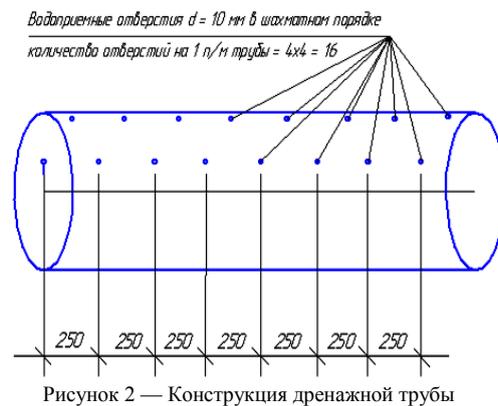


Рисунок 2 — Конструкция дренажной трубы

Объекты и методы

В данной статье представлено обоснование и проектирование дренажной системы на площадке строительства жилого дома в г. Екатеринбурге.

Площадка проектируемого строительства находится в пределах территории, где развит безнапорный грунтово-трещинный водоносный горизонт. Глубина залегания условного водопора трещинного водоносного горизонта соответствует глубине распространения зоны региональной трещиноватости, которая по фондовым материалам составляет порядка 50 м. Питание подземных вод осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков, основной объём питания — весной, в период снеготаяния. Разгрузка подземных вод осуществляется в местные базы дренирования. При изысканиях статические уровни зафиксированы на глубинах 3,0–3,9 м, на абсолютных отметках 242,20–242,62 м. В отсутствии режимных наблюдений применительно к уже сложившейся гидродинамической обстановке повышение УПВ ориентировочно можно принять порядка 1,0 м. В проекте строительства необходимо предусмотреть комплекс специальных инженерных мероприятий для защиты от подтопления заглублённых конструкций [3].

Результаты исследований

По данным химического анализа воды, зафиксированы агрессивная углекислота, наличие нитратов, гумуса, что указывает на техногенное загрязнение подземного водоносного горизонта. При строительстве объекта ситуация с техногенной составляющей на данной территории будет меняться — будут проложены новые инженерные сети, новая планировка территории изменит условия поверхностного стока.

Наличие слабофильтрующих суглинистых грунтов в составе насыпи может создавать благоприятные условия для обводнения разреза техногенными водами. Скорость техногенного подтопления можно принять 0,025 м/год. При проектировании здания необходимо обращать внимание на планировку территории (создание уклонов) и правильную организацию поверхностного стока, чтобы исключить попадание атмосферных вод под фундаменты и в заглублённые сооружения во время интенсивного инфильтрационного питания (обильные и затяжные дожди, снеготаяние) [4].

Фильтрационные свойства грунтов разреза оценены по результатам лабораторных работ, а также по результатам опытных откачек. Расчётный коэффициент фильтрации принят 0,50 м/сут. Расчётный уровень грунтовых вод с учётом техногенного подтопления составит 244,00 м.

Защита от подтопления проектируемого здания представляет собой сочетание пристенного дренажа и комплекса однолинейных горизонтальных дрен несовершенного типа, уложенных по периметру проектируемой застройки по типу прифундаментного дренажа. Сбор и отвод грунтовых вод осуществляется через трубчатые дренажи в проектируемую дренажную насосную станцию, далее в городскую наружную сеть дождевой канализации. Для защиты стен зданий, фильтрации мелких частиц грунта, предотвращения заиливания дренажной системы необходимо предусмотреть наружную гидроизоляцию в виде вертикального фильтрующего слоя (например, дренажное полотно тефонд «DRAIN PLUS»).

Конструкция горизонтального однолинейного дренажа состоит из трубчатой дрены и фильтрующих слоёв (щебень крепких изверженных пород по ГОСТ 8267-93) представлена на рисунках 1, 2.

Заключение

Сочетание пристенного дренажа и комплекса однолинейных горизонтальных дрен является одним из самых эффективных способов отвода грунтовых вод с застроенной территории, а также отвода влаги, образующейся вследствие частичного проникновения атмосферных осадков в грунт или почву [5]. Устройство дренажной системы позволит в течение длительного времени поддерживать строения, коммуникации и прилегающие территории в надлежащем состоянии.

Учитывая сложные гидрогеологические условия районов проектирования, такие как прогнозируемые уровни поднятия грунтовых вод, техногенные факторы, фильтрующие свойства грунтов, проектирование и строительство дренажных систем является неотъемлемым элементом.

Список литературы

1. Луговик Е. В., Троценко И. А., Корчевская Ю. В. Анализ инженерно-геологических изысканий на строительной площадке на примере Омска // *Геология, география и глобальная энергетика*. 2022. № 3 (86). С. 126–131. URL: https://doi.org/10.54398/20776322_2022_3_126.
2. Троценко И. А., Корчевская Ю. В. Определение границ зон затопления территорий агломераций // *Геология, география и глобальная энергия*. 2020. № 4 (79). С. 181–186.
3. Рекомендации по расчёту систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / Ю. А. Меншутин, к. т. н. Л. М. Верещагина, к. т. н. А. С. Керн, Е. В. Фомичева [и др.]. Москва: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2015. 146 с.
4. Корчевская Ю. В., Ушакова И. Г., Троценко И. А. Определение фильтрационных параметров дренающих подсыпок лабораторными методами // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33, № 4. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10414.
5. Маркин В. Н., Раткович Л. Д., Соколова С. А. Обоснование мероприятий по защите земель от затопления. Москва: МГУП, 2010. 59 с.

References

1. Lugovik E. V., Trotsenko I. A., Korchevskaya Yu. V. Analysis of engineering and geological surveys at the construction site on the example of Omsk. *Geology, Geography and Global Energy*. 2022;3(86):126–131 (In Russ.).
2. Trotsenko I. A., Korchevskaya Yu. V. Determination of the boundaries of the zones of flooding of the territories of agglomerations. *Geology, Geography and Global Energy*. 2020;4(79):181–186 (In Russ.).

3. Menshutina Yu. A., Vereshchagina L. M., Kern A. S., Fomicheva E. V. [et al.]. *Recommendations for calculation of systems of collection, removal and treatment of surface runoff of residential areas, sites of enterprises and determining the conditions of its release into water bodies*. Moscow: Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation; 2015:146 (In Russ.).

4. Korchevskaya Yu. V., Ushakova I. G., Trotsenko I. A. Determination of filtration parameters of draining fillings by laboratory methods. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019;33(4). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10414 (In Russ.).

5. Markin V. N., Ratkovich L. D., Sokolova S. A. Justification of measures to protect land from flooding. Moscow: MSUE; 2010:59 (In Russ.).

Информация об авторах

Шелест С. Н. — кандидат технических наук, доцент;

Корчевская Ю. В. — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой;

Троценко И. А. — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

Shelest S. N. — Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor;

Korchevskaya Yu. V. — Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department;

Trotsenko I. A. — Candidate of Sciences (Agriculture), 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 20.04.2023; одобрена после рецензирования 10.05.2023; принята к публикации 21.05.2023.

The article was submitted 20.04.2023; approved after reviewing 10.05.2023; accepted for publication 21.05.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 170–175.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):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

Татаринцев Сергей Александрович^{1✉}, Бармин Александр Николаевич², Валов Михаил Викторович³, Беляев Даниил Юрьевич⁴, Колчин Евгений Александрович⁵
^{1, 2, 3, 4, 5}Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань,

Россия

¹tatarintsev86@yandex.ru✉

²abarmin60@mail.ru

³m.v.valov@mail.ru

⁴belaevdaniil2013@mail.ru

⁵eakol4in@rambler.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: Татаринцев С. А., Бармин А. Н., Валов М. В., Беляев Д. Ю., Колчин Е. А. 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

Sergey A. Tatarintsev^{1✉}, Alexander N. Barmin², Mihail V. Valov³, Daniil Yu. Belyaev⁴,
Evgenyi A. Kolchin⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Tatishev Asrakhan State University, Astrakhan, Russia

¹tatarintsev86@yandex.ru✉

²abarmin60@mail.ru

³m.v.valov@mail.ru

⁴belaevdaniil2013@mail.ru

⁵eakol4in@rambler.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, man-made impact, zoning

For citation: Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Valov M. V., Belyaev D. Yu., Kolchin E. A. 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.

В условиях глобального антропогенного воздействия на окружающую среду почти не остаётся природных территорий, где не происходили бы какие-нибудь изменения. Эти изменения в основном связаны с изменениями биоты (распашка земель, застройка больших площадей территорий, увеличение транспортной нагрузки, освоение новых и совершенствование различные отрасли промышленности, производств и сферы услуг и т. д.).

Техника — не что иное, как созданный человеком элемент современных форм его жизнедеятельности. Высокая плотность технических устройств, окружающих повседневного человека, ввела в обиход представления о техносфере и сопряжённых с ней техногенных опасностях. Техносфера — это важнейшая часть материальной технической культуры индустриальной цивилизации. Она не столько механизм трансформации природы в потребительские блага, сколько сама окружающая среда, преобразованная человеком в техноприродный территориальный комплекс [3].

Поскольку освоение человеком земной поверхности имеет выраженный неравномерный характер, техносферу корректнее понимать как совокупность техноландшафтов (основных фондов), т. е. частей географических ландшафтов, изменённых хозяйственной деятельностью человека и насыщенных техническими объектами. Иными словами, техноландшафт — пространственно-временная геосреда существования сложных технико-социальных систем, включающих самые разнообразные человеко-машинные подсистемы [3].

Прикаспийский регион характеризуется высокой нагруженностью потенциальными источниками техногенных опасностей ввиду значительных запасов природных ресурсов, высоко развитой транспортно-транзитной системой, а также высоким агропромышленным потенциалом.

Одной из территорий Прикаспийского региона является Астраханская область. Важнейшей особенностью Астраханской области является её нахождение в южных широтах Российской Федерации, которое определяет большие перспективы развития сельскохозяйственной отрасли, широкие возможности для экономического развития и повышения товарооборота между Россией и странами Каспийского бассейна, а также добыче и переработке углеводородных ископаемых ввиду близости территории региона к нефтяным запасам на шельфе Каспийского моря и к формируемым странами Запада транснациональным евроазиатским транспортным коммуникациям и энергомодам.

Ядром социально-экономического развития Астраханской области являются химические и нефтехимические предприятия, предприятия топливно-энергетического комплекса и машиностроения, пищевой отрасли строительных материалов.

Согласно информации Нижне-Волжского управления Ростехнадзора, по состоянию на 01.01.2023 на территории региона расположено более 1 200 опасных производственных объектов.

Основным богатством недр Астраханской области является углеводородное сырьё. На территории области выявлено семь месторождений нефти, газа и газоконденсата (рис. 1). Уникальным по запасам и составу в европейской части России является Астраханское газоконденсатное месторождение (АГКМ). Разведанные запасы газа составляют 2 631,87 млрд м³, конденсата — 409,73 млн т.

Основу экономического потенциала Астраханской области составляют объекты и предприятия топливно-энергетического комплекса, на долю которого приходится более 65 % производства, а также предприятия пищевой химической и нефтехимической промышленности.

Среди представленных на территории региона объектов и производств высокую опасность представляют комплексы химической (нефтехимической) нефтеперерабатывающей и судостроительной промышленности. На территории Астраханской области размещено 20 химически опасных объектов, на которых используется более 480 т аварийных химических опасных веществ (АХОВ), основными являются хлор и аммиак.

Взрыво- и пожароопасность исходит от объектов, использующих в производстве или хранящих взрывчатые вещества и горюче-смазочные материалы — это объекты добычи, транспортировки, переработки, хранения нефти и газа и др. К наиболее опасным можно отнести нефтегазовые месторождения им. Ю. Корчагина и им. В. Филановского ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» в северной части Каспийского моря, аварии на которых могут причинить значительный материальный и экологический ущерб для региона.

Астраханская транспортная система, расположенная на пересечении двух активно развивающихся евроазиатских транспортных коридоров — «Север – Юг» (в направлении Ирана) и «Запад – Восток» (в направлении Казахстана), сочетает все имеющиеся виды современного транспорта: морской, речной, железнодорожный, автомобильный, авиационный и трубопроводный (рис. 2). Отличительной особенностью транспортной системы области является высокий уровень развития каждого составляющего её вида транспорта.

Трубопроводный транспорт представлен магистральными нефте- и газопроводами высокого класса опасности, а также компрессорными, насосными и газораспределительными станциями. По территории области проходит более 1 300 км действующих трубопроводов, в т. ч. 687,6 км магистральных газопроводов и 222 км нефтепровода. Наибольшая опасность исходит от нефтепровода ЗАО «КТК-Р» («Тенгиз – Новороссийск») и магистрального газопровода «Макад – Северный Кавказ», особенно от участков их прохождения по территории Волго-Ахтубинской поймы. Опасность эксплуатации трубопроводов обусловлена прежде всего большими массами находящегося под высоким давлением нефти и природного газа.

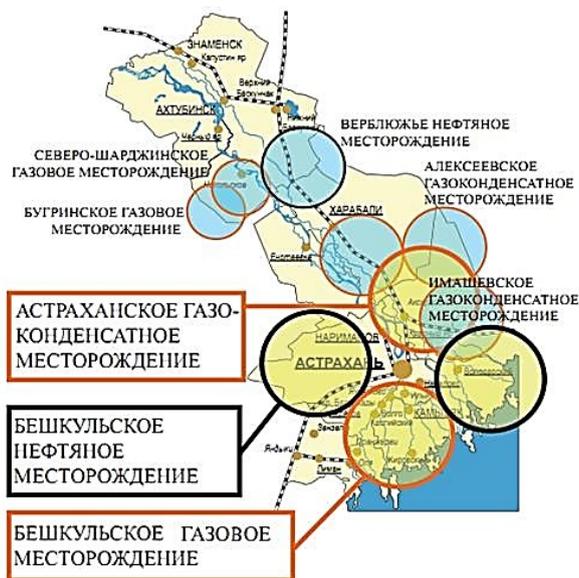


Рисунок 1 — Месторождения углеводородов на территории Астраханской области

Гидротехнические сооружения региона — это в основном дамбы, шлюзы и валы, соединённые в сеть западно-подступных ильменей (ЗПИ) и служащие для обеспечения жизнедеятельности населения, полива сельскохозяйственных культур, рыбозаведения, мелиоративных мероприятий и других нужд.

По данным управления Нижне-Волжского управления Ростехнадзора, по состоянию на 01.01.2023 в реестре гидротехнических сооружений зарегистрировано 395 гидротехнических сооружений (ГТС), из которых 176 сооружений являются бесхозными.

Комплекс жилищно-коммунального хозяйства Астраханской области — одна из ведущих составляющих экономики региона, которая включает системы, необходимые для поддержания жизнеобеспечения населения и удовлетворения их потребностей (водоснабжение, канализация, газо- и теплоснабжение).

В сфере жилищно-коммунальных услуг региона сегодня функционирует более 4 200 предприятий коммунальной энергетики, эксплуатирующих 467 котельных, 150 тыс. км тепловых сетей, около 400 тыс. км воздушных и кабельных электросетей, 373 тыс. км водопроводных сетей. Большая часть систем коммунального хозяйства сконцентрировано в областном центре (г. Астрахань) и прилегающих к нему территориях.

Астраханская область также обладает выгодным географическим положением для привлечения туристов и отдыхающих. В рекреационном районировании, проведённом Б. Лихановым, В. Преображенским, Н. Ступной, Ю. Ведениным и др., Астраханская область вошла в состав Волжского рекреационного района, имеющего, по их мнению, туристско-экскурсионную и лечебно-оздоровительную специализацию [4].

Положение области в зоне пустынь и полупустынь обуславливает её экзотичность, а своеобразие условий Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги повышает рекреационную привлекательность области [1].

Таким образом, физико-географическое расположение и социально-экономические особенности Астраханской области создают условия для возникновения техногенных опасностей и формируют соответствующие техногенные ландшафты.

5. Татаринцев С. А., Бармин А. Н., Колчин Е. А., Шуваев Н. С. Техногенные опасности — угроза жизнедеятельности человека // *Естественные науки*. 2013. № 1 (42). С. 36–42.
6. Татаринцев С. А., Ельчанинова З. В., Татаринцева А. Ю. Анализ источников и рисков возникновения опасностей в сфере жилищно-коммунального хозяйства Астраханской области // *Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов / Юргинский технологический институт*. Томск: Томский политех. ун-т, 2014. С. 311–313.
7. Татаринцев С. А., Бармин А. Н., Колчин Е. А., Шуваев Н. С., Татаринцева А. Ю. Оценка риска источников опасности промышленных объектов на территории Астраханской области // *Естественные науки*. 2014. № 4 (49). С. 14–20.
8. Татаринцев С. А. Пространственное распределение источников техногенных опасностей, имеющих на территории Астраханской области // *Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная*. Брянск: Брянская гос. инженер.-технол. акад., 2015. С. 278–282.
9. Татаринцев С. А. Транспортная инфраструктура Астраханской области как фактор техногенной опасности территории // *Экология России на пути к инновациям / сост. Т. В. Дымова*. Астрахань: Нижневолжский экоцентр, 2016. Вып. 13. С. 124–126.
10. Татаринцев С. А., Аббазова Е. В., Токарева Н. И., Некрасова К. М. Градостроительная деятельность как фактор техногенной опасности территории // *Антропогенная трансформация природной среды*. 2016. № 2. С. 230–238.
11. Татаринцев С. А., Бармин А. Н., Колчин Е. А. Геоэкологический анализ распространения техногенных опасностей в аридных территориях // *Геология, география и глобальная энергия*. 2018. № 3 (70). С. 194–201.
12. Татаринцев С. А., Бармин А. Н., Колчин Е. А., Емельшин А. Д. Прикаспийский регион: оценка техногенной опасности // *Геология, география и глобальная энергия*. 2019. № 1 (72). С. 57–68.
13. Татаринцев С. А., Бармин А. Н., Емельшин А. Д., Воронцов Д. С. Характеристика потенциальных источников техногенных опасностей на территории Астраханской области // *Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы / сост.: Н. С. Шуваев, Е. А. Колчин*. Астрахань: Астраханский университет, 2019. С. 54–60.
14. Татаринцев С. А., Бармин А. Н., Валов М. В., Синцов А. В., Беляев Д. Ю., Бармина Е. А., Занозин В. В., Колчин Е. А. Техногенные опасности аридных территорий: показатели, критерии, оценки, прогнозы. Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2023. 164 с.

References

1. Barmin A. N., Beschethnova E. I., Voznesenskaya L. M. *Geography of the Astrakhan region*. Astrakhan: Astrakhan University; 2007:258 (In Russ.).
2. Barmin A. N., Nasibulina B. M., Gorbunova A. G. [et al.]. *Regional ecological problems of urbanized territories under conditions of technogenic impact*. Astrakhan: Astrakhan University; 2008:156 (In Russ.).
3. Grazhdankin A.I. Prevention of accidents and man-made disasters. *Current issues of emergency prevention*. Ed. by V. A. Akimov. Moscow: FSU VNII GOChS (FC); 2010:47–73 (In Russ.).
4. Stebenkova M. A. *Comprehensive assessment of the natural tourist and recreational potential of the Astrakhan region*. Astrakhan; 2003:187.
5. Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Kolchin E. A., Shuvaev N. S. Technogenic hazards — a threat to human life. *Yestestvennye nauki*. 2013;1:36–42 (In Russ.).
6. Tatarintsev S. A., Yelchaninova Z. V., Tatarintseva A. Yu. Analysis of sources and risks of hazards in the sphere of housing and communal services of the Astrakhan region. *Ecology and safety in the Technosphere: modern problems and solutions*. Tomsk: Tomsk Polytechnic University; 2014:311–313 (In Russ.).
7. Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Kolchin E. A., Shuvaev N. S., Tatarintseva A. Yu. Risk assessment of sources of danger of industrial facilities on the territory of the Astrakhan region. *Yestestvennye nauki*. 2014;4:14–20 (In Russ.).
8. Tatarintsev S. A. Spatial distribution of sources of technogenic hazards existing on the territory of the Astrakhan region. *Environment surrounding a person: natural, technogenic, social*. Bryansk: Bryansk State Engineering and Technological Academy; 2015:278–282 (In Russ.).
9. Tatarintsev S. A. Transport infrastructure of the Astrakhan region as a factor of technogenic danger of the territory. *Ecology of Russia on the way to innovation*. Astrakhan: Astrakhan Nizhnevolzhsky Ecocenter; 2016:13:124–126 (In Russ.).
10. Tatarintsev S. A., Abbasova E. V., Tokareva N. I., Nekrasova K. M. Town-planning activity as a factor of technogenic danger of the territory. *Anthropogenic transformation of the natural environment*. 2016:2:230–238 (In Russ.).
11. Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Kolchin E. A. Geoecological analysis of the spread of man-made hazards in arid territories. *Geology, Geography and Global Energy*. 2018;3:194–201 (In Russ.).
12. Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Kolchin E. A., Emelshin A. D. Caspian region: assessment of technogenic danger. *Geology, Geography and Global Energy*. 2019;1:57–68 (In Russ.).
13. Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Emelshin A. D., Vorontsov D. S. Characteristics of potential sources of technogenic hazards in the Astrakhan region. *Natural Sciences: current issues and social challenges*. Astrakhan: Astrakhan University; 2019:54–60 (In Russ.).
14. Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Valov M. V., Sintsov A. V., Belyaev D. Yu., Barmina E. A., Zanozin V. V., Kolchin E. A. Technogenic hazards of arid territories: indicators, criteria, estimates, forecasts. Astrakhan: Publisher: Roman V. Sorokin; 2023:164 (In Russ.).

Информация об авторах

Татаринцев С. А. — доцент;
Бармин А. Н. — доктор географических наук, профессор;
Валов М. В. — кандидат географических наук, доцент;
Беляев Д. Ю. — студент;
Колчин Е. А. — кандидат географических наук, доцент.

Information about the authors

Tatarintsev S. A. — Associate Professor;
Barmin A. N. — Doctor of Sciences (Geographical), Professor;
Valov M. V. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Belyaev D. Yu. — student;
Kolchin E. A. — 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 20.03.2023; одобрена после рецензирования 10.04.2023; принята к публикации 26.04.2023.

The article was submitted 20.03.02.2023; approved after reviewing 10.04.2023; accepted for publication 26.04.2023.

ГЕОЭКОЛОГИЯ
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 2 (89). С. 176–184.
Geology, Geography and Global Energy. 2023;2(89):176–184 (In Russ.).

Научная статья
УДК 622.248
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_176

**ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ,
СПРОВОЦИРОВАННЫЕ БУРОВЫМИ РАБОТАМИ**

Анисимов Леонид Алексеевич¹✉, Донцова Ольга Леонидовна², Панина Ольга Владимировна³, Кравцов Данила Артемович⁴

^{1, 4} Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

^{2, 3} Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

¹ anisimov@volsu.ru✉

² doncovaol@mail.ru

³ panina_olga@inbox.ru

⁴ kravcovdanila1411@gmail.com

Аннотация. Рассмотрен ряд аварий при бурении скважин, которые нанесли значительный материальный ущерб и серьезные экологические последствия для окружающей среды. Причина аварий обусловлена тем, что не учитывались особенности геологического строения массива горных пород и существующие горные выработки, которые могут быть затронуты при бурении. Приведённые примеры показывают историю бурения и аварии на скважинах в Северном Каспии, Ненецком национальном округе, Туркменистане, Индонезии, алжирской Сахаре и Луизиане. Газовые скопления в верхней части разреза, водообильные горизонты, соляные отложения, горные выработки создают опасные ситуации и могут быть причиной катастроф, которые рассматриваются в работе.

Ключевые слова: скважины, верхний газ, грифоны, грязевые вулканы, растворение соли, провалы

Для цитирования: Анисимов Л. А., Донцова О. Л., Панина О. В., Кравцов Д. А. Природно-техногенные катастрофы, спровоцированные буровыми работами // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 2 (89). С. 176–184. https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_176.

**NATURAL AND MAN-MADE DISASTERS PROVOKED
BY DRILLING OPERATIONS**

Leonid A. Anisimov¹✉, Olga L. Dontsova², Olga V. Panina³, Danila A. Kravtsov⁴

^{1, 4} Volgograd State University, Volgograd, Russia

^{2, 3} Kuban State University, Krasnodar, Russia

¹ anisimov@volsu.ru✉

² doncovaol@mail.ru

³ panina_olga@inbox.ru

⁴ kravcovdanila1411@gmail.com

Abstract. A number of accidents during drilling of wells, which had significant material damage and serious environmental consequences for the environment, are considered. The reason for the accidents is due to the fact that the features of the geological structure of the rock mass and existing mine workings that may be affected during drilling were not taken into account. These examples show the history of drilling and accidents at wells in the Northern Caspian Sea, the Nenets National District, Turkmenistan, Indonesia, the Algerian Sahara and Louisiana. Shallow gas accumulations, watery horizons, salt deposits, mining workings create dangerous situations and can cause disasters, which are considered in the work.

Keywords: wells, upper gas, griffins, mud volcanoes, salt dissolution, sinkholes

For citation: Anisimov L. A., Dontsova O. L., Panina O. V., Kravtsov D. A. Natural and man-made disasters provoked by drilling operations. *Geology, Geography and Global Energy.* 2023;2(89):176–184 (In Russ.). https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_176.

Когда в результате тектонических процессов земную кору разрывают трещины, давление на границе мантии и земной коры резко снижается и начинается вулканическая деятельность. Это природное явление сопровождало всю историю Земли с момента образования земной коры. Человек, вооружённый современной техникой, пытается не отстать от природы и внедряется в толщу пород со своими карьерами, шахтами и скважинами. Это оказалось непростой задачей, причём чем глубже, тем сложнее. Бытует мнение, что достичь Луны проще, чем пробурить скважину глубиной 15 км. Самая глубокая вертикальная скважина — Кольская сверхглубокая — достигла глубины 12 282 м и бурилась 20 лет. Многие из миллионов пробуренных скважин оказались неуправляемыми и оканчивались грандиозными фонтанами нефти, газа и воды. В зарубежной литературе такие скважины назывались «дикими» (“wild wells”).

Особенно опасны аварии на скважинах при бурении на море. При освоении каспийского шельфа основная опасность при строительстве платформ связана с газовыми выбросами из верхней части разреза и их последствиями. Ранее скопления свободного газа в верхних плиоцен-четвертичных отложениях вскрывались неожиданно. Они обычно связаны с песчаными линзами в толще глин. При бурении этих отложений происходит образование грифонов с нарушением оснований платформ, выходом газа и его возгоранием. Опасность данного события связана с высокой стоимостью платформ и большим ущербом при авариях. На Каспийском море по этой причине произошло несколько крупных аварий с разрушением буровых платформ. Достаточно подробно описаны крупные аварии, связанные с газовыми выбросами, которые произошли у побережья Бразилии, когда установка Р-36 стоимостью 500 млн американских долларов утонула вследствие взрыва газа и пожара на одной из поддерживающих колонн, и в Мексиканском заливе, авария на печально известной платформе “Deepwater Horizon”.

На шельфе Каспия

Наиболее типичный сценарий катастрофы в Северном Каспии описан в книге М. А. Мирзоева [2]. На площади Ракушечное море у казахских берегов в 1983 г. была установлена плавучая буровая СПБУ «60 лет Азербайджана». Глубина моря составляла 43 м, проектная глубина — 4 500 м.

Начало бурения не предвещало никаких осложнений. На глубину 87 м была забита 812-миллиметровая водоотделяющая обсадная колонна, после чего буровики приступили к углублению скважины. При забое 445 м промывочная жидкость, циркулирующая в скважине, была перебита газом. Утяжелив раствор, дошли до глубины 511 м.

Следующей операцией был спуск кондуктора — обсадной колонны диаметром 508 мм — на пробуренную глубину. После спуска колонны был проведён цементаж. Однако спустя 6 ч после окончания заливки колонны начался выход глинистого раствора из межколонного пространства, которое перешло в открытое фонтанирование газом. Из скважины ударила мощная водогазовая смесь с грязью. Поток фонтанирующей жидкости достиг десятиметровой высоты от ствола ротора, а через час фонтан вырос до 45–50 м. В это же время началось газопроявление под ротором. По всему периметру плавучей буровой наблюдалось просачивание грязи в море. Когда со стороны второй опорной колонны возник ещё один грифон, положение стало катастрофическим.

Было принято решение о снятии установки «60-лет Азербайджана» с точки бурения. Но постоянно растущий фонтан не позволял этого сделать. Положение осложнялось ещё и тем, что невозможно стало передвинуть буровую вышку, чтобы произвести дальнейшие операции по уходу с места аварии. При очередной попытке опуститься на воду, опорные колонны платформы стали уходить в грунт. Сказался размыв опорных колонн грифонами. СПБУ дала сильный крен в сторону второй опорной колонны.

Приступили к эвакуации экипажа. Из-за крена платформы нормальный спуск шлюпок оказался невозможным, к тому же поднялся сильный ветер. Кто-то из шлюпки стал прыгать прямо в море. Группа специалистов, не успевшая эвакуироваться на шлюпках, сгрудилась на краю понтона СПБУ, который навис над морем. Плавучая буровая резко опрокинулась и затонула.

На следующий день в районе затопления буровой установки бурлил грифон диаметром 30–35 м. Высота фонтана достигла 20–25 м. Со временем фонтан усилился и достиг высоты 30–35 м. Затем грифон стал ослабевать, и через месяц высота фонтана была всего около полутора метров при диаметре 80 м, а вскоре грифон вообще исчез. И над морем долгие восемь лет выступали остатки опорной колонны платформы. Обследование привело к выводу, что подъём СПБУ нерентабелен. В 1991 г. на месте гибели СПБУ снова возник фонтан, который спустя некоторое время прекратился.

Катастрофа Кумжи

Одна из самых крупных аварий, связанная с выбросом природного газа, произошла на скважине К-9 Кумжинского газоконденсатного месторождения. История этой катастрофы подробно описана в работе В. И. Богоявленского и др. [1].

Кумжинское газоконденсатное месторождение, открытое в 1973 г., расположено в дельте р. Печоры к северо-востоку от Нарьян-Мара. Запасы природного газа — около 100 млрд м³.

Катастрофа произошла при испытании скважины на продуктивность, 27 ноября 1980 г., когда было выявлено высокое давление в межколонном пространстве обсадной колонны. Кроме того, была выявлена негерметичность эксплуатационной колонны. Было принято решение сбросить давление в межколонном пространстве, после чего в приустьевой части скважины началось грифообразование, сопровождавшееся фонтаном из смеси газоконденсата, промывочной жидкости и цемента. Множественные грифоны объединились в один большой. Вспыхнул 150-метровый факел, который долго и безуспешно пытались тушить.

Ликвидацию фонтана на разведочной скважине К-9 было решено осуществлять с помощью ядерного взрыва. С этой целью пробурили скважину К-25 глубиной 1 530 м на расстоянии 600 м к северо-западу от устья аварийной скважины К-9 над предполагаемым положением ствола скважины К-9. Подрыв ядерного заряда «Пирит» в скважине К-25 был произведён 25 мая 1981 г. на глубине 1 470 м по вертикали. Мощность взрыва составила 37,6 кт в тротиловом эквиваленте.

В результате подрыва ядерного заряда выброс газоконденсатной смеси на скважине К-9 приостановился, однако на следующий день газ вновь стал выходить на поверхность, формируя грифоны. Сказалась ошибка в расчётах, и взрыв произошёл почти в километре от скважины. При этом поверхность воды и побережье протоки Малый Гусинец и Коровинской Губы были загрязнены жидкими углеводородами. С целью ограничения дальнейшего загрязнения водоёмов вокруг зоны проседания в июне 1981 г. было начато возведение дамбы. Протоку Малый Гусинец перекрыли двумя плотинами, по всему периметру аварийной площадки была отсыпана дамба.

В 1982–1983 гг. вдоль р. Печоры и в Коровинской Губе на удалении до 3 км от скважины К-9 наблюдались выходы газа, поэтому попытки ликвидации катастрофы продолжались. Были пробурены скважины К-26 и К-27, строительство которых сопровождалось выбросами из техногенных залежей, образовавшихся в результате ядерного взрыва. Вследствие проведённых работ образовалось проседание и затопление речной водой поверхности земли площадью около 50 тыс. м², формирование трёх крупных кратеров с грифонами газа и конденсата

«Врата ада»

Следующий рукотворный объект, образованный при бурении скважины, находится в пустыне Каракумы, в 270 км от Ашхабада, столицы Туркменистана. Появился этот уникальный провал после того, как возле деревни Дарваз в 1971 г. было начато бурение скважины, и геологи неожиданно вскрыли большую подземную полость, которая поглотила в себе всё их оборудование, включая буровую вышку и транспорт. Вследствие этого в земной коре образовался большой провал, в который и провалилось всё оборудование. Через новообразовавшиеся трещины начал выходить газ.

Чтобы не допустить полномасштабной экологической катастрофы, выходящий газ подожгли. По расчётам геологов, обнаруженные запасы метана должны были иссякнуть всего через несколько дней. Месторождение в этом районе оказалось настолько велико, что начиная с 1971 г. огонь горит и до сих пор (рис. 1).

Считается, что за это время здесь уже сгорело несколько миллиардов кубометров природного газа. Экологи продолжают говорить о негативном воздействии кратера Дарваза на окружающую среду и здоровье местного населения. Вняв их доводам, бывший президент Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедов распорядился «найти решение для тушения пожара». Помимо экологического вреда, он обратил внимание на экономическую составляющую. «Мы трагично впустили ценные природные ресурсы, за которые могли бы получить прибыль, и она пошла бы на повышение благосостояния нашего народа», — сказал Бердымухамедов.

Бурение на грязевых вулканах

В восточной части о. Ява 8 марта 2006 г. началось бурение глубокой газопоисковой скважины Вангар-Ранги 1 в районе расположения грязевого вулкана LUSI. При бурении на глубине примерно 2 834 м, в 170 м к западу от скважины произошёл небольшой выброс воды, пара и газа (рис. 2). Следующие два извержения произошли 2 и 3 июня примерно в 800–1 000 м к северо-западу от скважины, но они прекратились. В ходе этих извержений на поверхность выходили сероводород и грязь при температуре 60 °С [7; 8].



Рисунок 1 — Горение газа в кратере Дарваза, Туркменистан



Рисунок 2 — Извержение грязевого вулкана LUSI около скважины VJP-1 [7]

В день извержения на скважине возникли проблемы со стабилизацией давления в скважине, когда бурильщики пытались извлечь буровое долото. Это, а также отсутствие превентера, привело к выбросу грязи под высоким давлением. При попытке перекрыть выброс вокруг скважины стали образовываться трещины. Ежедневный объем выбросов достиг десятков тысяч кубометров грязи, и они погребли под собой территорию в 25 км², в том числе четыре соседние деревни и участок проходившего поблизости шоссе. Жителей временно переселили в безопасное место.

Множество попыток остановить выбросы, включая сброс в жерло вулкана, откуда выходила грязь, гигантских бетонных шаров, успеха не имели. Сейчас, по некоторым данным, LUSI начал проваливаться под собственным весом, угрожая образовать гигантскую кальдеру. По данным специалистов Бандунгского технологического института, в ряде мест в центре затопленной территории уже возникают провалы глубиной до 3 м, что может говорить о начале формирования кальдеры — большой вулканической впадины.

В период наиболее активной деятельности LUSI извергал 180 000 м³ грязи в день. 27 сентября 2006 г. правительство Индонезии объявило район извержения зоной бедствия, причём ситуация усугубилась разрывом и взрывом газопровода «Восточная Ява». Нарушение трубопровода произошло в зоне разлома вблизи устья скважины из-за проседания поверхности земли и возможных горизонтальных смещений, которые ранее неоднократно повреждали полотно железной дороги. Взрыв трубопровода, в свою очередь, частично разрушил построенную дамбу. При этом погибли 13 человек. Диаметр образовавшейся воронки взрыва составил около 50 м.

Катастрофа в Сахаре

26 октября 1986 г. в Алжире произошла крупная геологическая катастрофа — образование провала на нефтяном месторождении Хауд-Беркауи, к юго-западу от г. Уаргла. Образовался кратер глубиной 80 м и диаметром почти 200 м. В результате была затоплена нефтяная скважина ОКН-32. Несколько месяцев спустя, весной 1987 г., кратер расширился до соседней нефтяной скважины ОКН-32 бис. Обвал увеличился до 320 м в диаметре. С тех пор кратер продолжает расширяться, что имеет серьёзные экологические последствия для региона Уаргла [5; 6].

Обрушение произошло после многих нарушений в работе скважины в период с 1978 по 1982 г. Было обнаружено разрушение обсадной колонны, которая изолировала водоносный горизонт «континенталь интерколера» альб-барремского возраста, являющийся основным источником водоснабжения в Северной Сахаре. Поднимаясь к поверхности со значительным расходом в несколько тысяч кубометров в час, вода проходит через соленосные отложения верхнего мела. Именно растворение соли явилось причиной образования провала (рис. 3). Положение усугубляется тем, что вода, насыщенная солью, поднимается на поверхность и загрязняет поверхностные водоносные горизонты, которые жизненно необходимы для нужд местного населения.

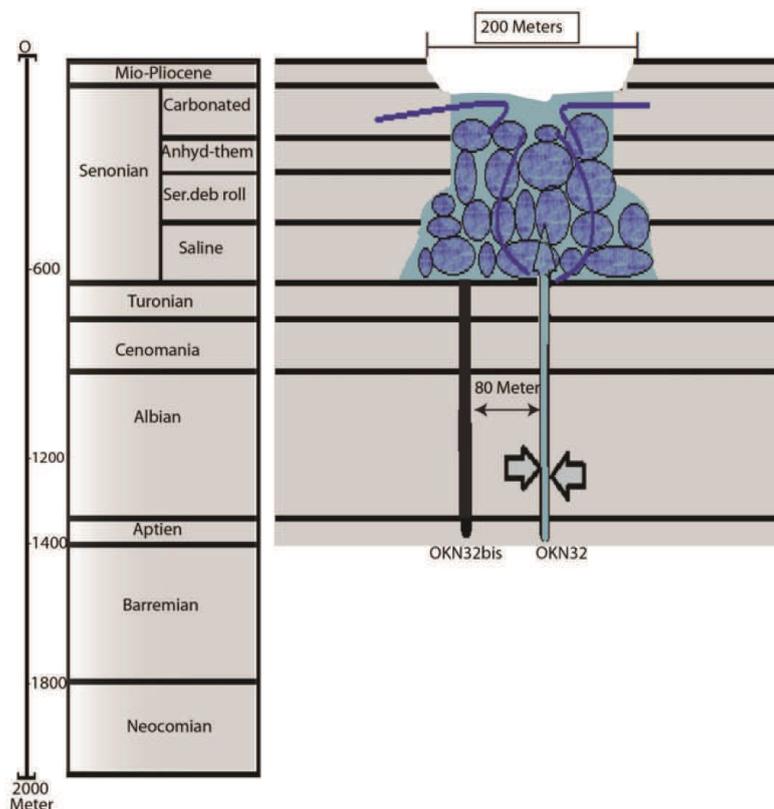


Рисунок 3 — Схема формирования провала на скважине ОКН-32 [6]

Таким образом, альбская вода поднимается на поверхность со скоростью 300 м³/ч и температурой более 50 °С, со скоростью от 1 до 1,5 м/с через слой соли толщиной 200 м. Соль растворяется в этой воде, в результате чего образовалась огромная пещера глубиной от 450 до 650 м, которая расширяется (рис. 4). В мае 1991 г. было отмечено, что в 600 м от центра кратера образовалась сеть концентрических разломов; их ширина около кратера составляет порядка метра.

В 1990 г. расход поднимающейся воды оценивался в 2 500–2 800 м³/ч. Чтобы представить себе дебит воды, то это количество, которое могло бы обеспечить питьевой водой город с населением около 300 000 человек! Были проведены сейсмические исследования, чтобы оценить размер пещеры, образовавшейся в результате растворения солевых отложений и извержения воды.

Согласно исследованию, проведённому инженерной компанией “Enageo” в 1991 г., максимальная протяжённость подземной полости составляла около 740 м в северо-западном — юго-восточном направлении. В юго-западном — северо-восточном направлении протяжённость оценивалась в 570 м. Что касается загрязнения поверхностных вод, авторы упоминают, что первоначальное исследование, проведённое в 1987 г., выявило распространение загрязнения солеными водами по четырём направлениям, начиная с ОКН 32, границы которого лежат в пределах:

- на восток, примерно в 3 км;
- на юг, примерно в 2,5 км;
- на север, примерно в 1,5 км;
- на запад, примерно в 1 км.

Последующие исследования того же типа выявили прогрессирование засоления во всех направлениях.



Рисунок 4 — Космический снимок (14.01.2015), показывающий кратер на месторождении Хауд Беркауи диаметром около 350 м и разломы вокруг него [6]

Провал в соляную шахту

Пенёр (фр. *peigneur*) — озеро в штате Луизиана, США, было пресноводным, с глубиной до 3 м и популярным среди отдыхающих, до тех пор, пока из-за техногенной катастрофы не была полностью изменена его экосистема [2; 4]. 21 ноября 1980 г. нефтедобывающая компания вела в озере разведочное бурение. В процессе бурения буровая установка неожиданно начала крениться на бок. Рабочие вовремя покинули буровую, т. к. буквально за считанные минуты огромная платформа пошла на дно озера. Оказалось, что прямо под озером находилась соляная шахта, свод которой был пробит при бурении. Шахта представляла собой разветвлённую сеть тоннелей 30 м шириной и 24 м высотой (рис. 5). Крепь шахты состояла из оставленных для этого соляных столбов.

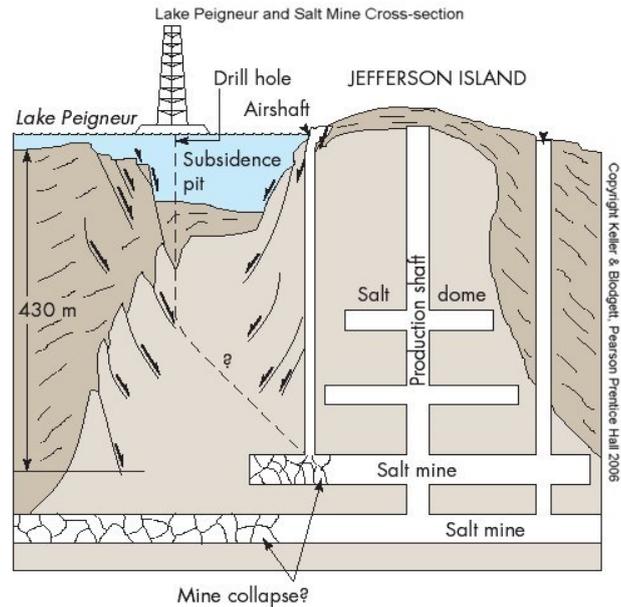


Рисунок 5 — Схема формирования провала на озере Пенёр [4]

Вода очень быстро размывла 35-сантиметровое отверстие скважины и хлынула вниз, заполняя подземное пространство (рис. 6). В результате образовался гигантский водоворот, который достиг 55 м в диаметре. Водоворот засосал буксир, буровую установку, 11 барж, док, дома, автомобили и небольшой остров с ботаническим садом. Всего за три часа озеро потеряло 13 млн м³ воды. Спустя несколько дней, когда уровень воды в озере стабилизировался, девять из одиннадцати барж всплыло на поверхность.



Рисунок 6 — Озеро уткло в ствол скважины [3]

В обмелевшее озеро, связанное по каналу с Мексиканским заливом, начала поступать соленая вода. На месте ствола шахты вскоре взметнулся «гейзер» из воды и пород высотой около 120 м, так как вода входила в тоннели быстрее, чем мог выйти воздух. Растворение соли спровоцировало активное проседание дна озера. Максимальная глубина оз. Пенёр выросла в сто раз, достигнув 396 м. «Wilson Brothers» и «Техасо» выплатили 32 млн компании «Diamond Crystal Salt» за шахту и почти 13 млн — местным властям за загубленное озеро.

Причина рассмотренных аварий обусловлена тем, что не учитывались особенности геологического строения массива горных пород и существующие горные выработки, которые могли быть затронуты при бурении. Газовые скопления в верхней части разреза, водообильные горизонты, соляные отложения, горные выработки создают опасные ситуации и стали причиной катастроф, которые рассмотрены в данной работе.

Список литературы

1. Богоявленский В. И., Бойчук В. М., Перекалин С. О., Богоявленский В. И., Каргина Т. Н. Катастрофа Кумжи // Бурение и нефть. 2017. № 1. С. 18–24.
2. Мирзоев М. А. На шельфе Каспия (из истории изучения и освоения нефтегазовых богатств). Баку: Сабах, 1995. 204 с.
3. Озеро, которое утекло в дыру // Наука и жизнь. 1981. № 4. С. 87.
4. Пенёр. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пенёр>.
5. Akretche S., Okbi L. Historique de l'incident d'Okn 32, a la partie du nord du Sahara Algerien // Land Subsidence. IAHS Publication No. 234, Proceedings of the 5th International Symposium on Land Subsidence, The Hague, 16–20 October 1995. P. 107–116
6. Bouraoui S. Time Series Analysis of SAR Images using Persistent Scatterer (PS), Small Baseline (SB) and Merged Approaches in Regions with Small Surface Deformation // THESE Présentéea L'Universite de Strasbourg pour l'obtention du grade de: Docteur. 208 p.
7. Mazzini A., Svensen H., Akhmanov G. G. et al., Triggering and dynamic evolution of the LUSI mud volcano, Indonesia // Earth and Planetary Science Letters. 2007. Vol. 261 (3–4). P. 375–388.
8. Mazzini A., Etiopie G., Svensen H. A new hydrothermal scenario for the 2006 LUSI eruption, Indonesia. Insights from gas geochemistry // Earth and Planetary Science Letters. 2012. Vol. 317–318. P. 305–318.

References

1. Bogoyavlensky V. I., Boychuk V. M., Perekalin S. O., Bogoyavlensky V. I., Kargina T. N. Kumzha disaster. *Drilling and oil*. 2017;1:18–24 (In Russ.).
2. Mirzoev M. A. *On the Caspian shelf (from the history of the study and development of oil and gas resources)*. Baku: Sabah; 1995:204 (In Russ.).
3. The lake that flowed into the hole. *Science and Life*. 1981;4:87 (In Russ.).
4. *Pener*. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Pener> (In Russ.).
5. Akretche S., Okbi L. Historique de l'incident d'Okn 32, a la partie du nord du Sahara Algerien. *Land Subsidence. IAHS Publication No. 234, Proceedings of the 5th International Symposium on Land Subsidence, The Hague, 16–20 October 1995*:107–116 (In French).
6. Bouraoui S. *Time Series Analysis of SAR Images using Persistent Scatterer (PS), Small Baseline (SB) and Merged Approaches in Regions with Small Surface Deformation. THESE Présentéea L'Universite de Strasbourg pour l'obtention du grade de:Docteur*. 208 p. (In Engl.).
7. Mazzini A., Svensen H., Akhmanov G. G. et al., Triggering and dynamic evolution of the LUSI mud volcano, Indonesia. *Earth and Planetary Science Letters*. 2007;261(3–4):375–388 (In Engl.).
8. Mazzini A., Etiopie G., Svensen H. A new hydrothermal scenario for the 2006 LUSI eruption, Indonesia. Insights from gas geochemistry. *Earth and Planetary Science Letters*. 2012;317–318:305–318 (In Engl.).

Информация об авторах

Анисимов Л. А. — доктор геолого-минералогических наук, профессор;
Донцова О. Л. — кандидат географических наук, доцент;
Панина О. В. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Кравцов Д. А. — студент.

Information about the authors

Anisimov L. A. — Doctor of Sciences (Geological and Mineralogical), Professor;
Dontsova O. L. — Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;
Panina O. V. — Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor;
Kravtsov D. A. — 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 10.04.2023; одобрена после рецензирования 24.04.2023; принята к публикации 15.05.2023.

The article was submitted 10.04.2023; approved after reviewing 24.04.2023; accepted for publication 15.05.2023.

АННОТАЦИЯ

Комплексная характеристика бальнеоресурсов Астраханской области с перспективой их дальнейшей использования и восстановления. Геологические особенности выбора метода увеличения нефтеотдачи на месторождениях Западной Сибири. Грязевой вулканизм Таманского полуострова. Строение разреза триасовых отложений северного борта Южно-Мангышлакского прогиба. Классификация и исторические аспекты развития и применения методов увеличения нефтеотдачи. Тектоника триасовых отложений Жетыбай-Узеньской ступени Южно-Мангышлакского прогиба. Минеральный состав продуктивного пласта Ярегского месторождения титановых руд. Параметры объектов окружающей среды Кавказского региона в аспекте глобальных климатических изменений. Вопросы геологического наследия на урбанизированных территориях. Наблюдения за погодой в низкогорной области Северного Кавказа. Абрис мамонтовых ландшафтов позднего плейстоцена в свете эоловой версии генезиса едом. Исчезнувшие и исчезающие населённые пункты: методические подходы к выявлению и их классификация. Инвентаризация и мониторинг земель сельскохозяйственного назначения с применением геоинформационных технологий. Особенности выделения участков на землях лесного фонда под строительство линейных объектов. Численное моделирование закономерностей движения заряженной капли воды в диэлектрической жидкости при воздействии сильного электрического поля. Качество воздушной среды и здоровье населения Карачаево-Черкесской Республики. Рациональная модель озеленения г. Астрахани. Восстановление экологического состояния водных объектов дельты р. Волги. Дренаж как инструмент защиты селитебных территорий от затопления и подтопления. Антропогенная трансформация почвенного покрова урбанизированных территорий Нижнего Поволжья. Отвод поверхностного стока с территории жилой застройки. Природно-техногенные катастрофы, спровоцированные буровыми работами.

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

Comprehensive characteristics of the balneological resources of the Astrakhan region with the prospect of their further use and restoration. Geological features of designing methods for enhanced oil recovery in the fields of Western Siberia. Mud volcanism of the Taman Peninsula. Structure of the section of the Triassic deposits of the northern side South Mangyshlak trough. Classification and historical aspects of the development and application of enhanced oil recovery methods. Tectonics of the Triassic deposits of the Zhetybai-Uzen stage South Mangyshlak trough. Mineral composition of the productive formation of the Yareg deposit of titanium ores. Parameters of environmental objects in the Caucasus region in terms of global climate change. Issues of geological heritage in urban areas. Weather observations in the low mountain region North Caucasus. Abris of Late Pleistocene mammoth landscapes in the light of the aeolian version of the yedoma genesis. Disappeared and disappearing settlements: methodological approaches to identification and their classification. Inventory and monitoring of agricultural land using geoinformation technology. Features of allocation of plots on the land of the forest fund for the construction of linear objects Numerical modeling of the regularities of motion of a charged water drop in a dielectric liquid under the influence of a strong electric field. Air quality and public health Karachay-Cherkess Republic. Rational model of landscaping in the city of Astrakhan. Restoration of the ecological state of water bodies of the Volga River delta. Drainage as a tool to protect residential areas from flooding and waterlogging. Anthropogenic transformation of the soil cover of the urbanized territories of the Lower Volga region. Removal of surface runoff from the territory of residential development. Natural and man-made disasters provoked by drilling operations.

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.

Приоритетными для редакции являются научные материалы по отраслям ВАКа:

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).

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. 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, предворяя 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 2 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. В списке литературы обязательно наличие не менее 1/3 источников, опубликованных в изданиях, индексирующихся в базе Scopus.

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, ctg и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (lim, ln, arg, grad, const и т. д.), числа или критерии (Re — Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал (°C — градусы Цельсия и т. д.) набираются прямым шрифтом.

4. Физические единицы приводятся в системе СИ.

Графический материал

Рисунки, карты, чертежи предоставляются в электронном и бумажном виде, в черно-белом исполнении. 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 подрисовочных подписях. Ксерокопии и сканированные ксерокопии фотографий не принимаются. Рисунки с нечитаемыми или плохо читаемыми надписями, с подписями «от руки», слишком тонкими линиями не принимаются.

Подрисовочная 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. М. : 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.

Диссертации в список литературы не включаются, ссылки не делаются.

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 опубликования (пр. № 08-01-01/761 от 10.08.2016 г.).

ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

Представляются наиболее важные компоненты статей:

Аннотация. Как на русском, так и на английском языках, делается это для того, чтобы читатель (в том числе иностранный) мог в считанные минуты понять, о чем данная статья и представляет ли она для него интерес.

Список литературы. Рекомендуется авторам расширять список литературы 15 источников с обязательным использованием современных зарубежных публикаций. Исключения возможны, но они должны быть обоснованными.

DOI. Помимо присваиваемого каждой статье номера УДК, начиная со второго номера нынешнего года (№ 2 (81), 2021) каждой статье в обязательном порядке присваивается номер DOI.

DOI (*англ.* Digital object identifier) – классификатор цифрового объекта для создания постоянных гиперссылок, которые позволяют сохранять информацию о конкретной статье в сети Интернет, даже если изменилась структура сайта, где эта статья изначально была сохранена. Номер DOI позволяет научной статье гарантированно открываться и быть доступной для поиска в сети. Что совершенно необходимо для того, чтобы статья могла цитироваться с помощью Интернета, не затрудняя авторов поисками ее в библиотеках и архивах.

DOI обязательно указывается при цитировании статьи. В журнале DOI сейчас присваивается каждой вновь вышедшей статье.

Качество перевода. Если вы не уверены в своем переводе, лучше обратитесь за помощью к специалистам.

Качество рисунков. Рисунок должен оставаться качественным при увеличении. Не забывайте о том, что статья будет опубликована не только в бумажной, но и в электронной версии.

Качество текстов. При рассмотрении рукописи авторитет и заслуги автора статьи во внимание не принимаются – только качество присланного текста.

Очередь. Сроки публикации зависят от количества (и качества) статей, предложенных редакции. Статьи публикуются в порядке очередности, однако редакция оставляет за собой право печатать вне очереди те из них, которые считает наиболее значимыми.

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) 24-66-47, 8-927-551-41-70 (моб.)
Электронный адрес редколлегии журнала: geologi2007@yandex.ru

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Зерновое хозяйство России. 2021. № 2. С. 27–33.
Grain Farming in Russia. 2020;(2):27–33.

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Научная статья
УДК 633.15:631.521(470.61)
<http://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-27-33>

Анализ сортовой структуры кукурузы, возделываемой на зерно в Ростовской области

Леонид Сергеевич Лунин
Аграрный научный центр «Донской», Ростовская область, Новочеркасск, Россия,
Lunin_ls@yandex.ru

Аннотация. В статье представлена динамика урожайности зерна кукурузы в России и в Ростовская области. Определено, что наибольшее количество гибридов кукурузы возделывалось в 2018 г. из числа внесенных в Госреестр РФ за период с 2009 по 2013 г. (52 шт.).

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, сортосемена, сортовая структура

Для цитирования: Лунин Л. С. Анализ сортовой структуры кукурузы, возделываемой на зерно в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2. С. 27–33. <http://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-27-33>.

PROBLEMS AND SOLUTIONS

Original article

The Analysis of the varietal structure of corn cultivated for grain in the Rostov region

Leonid S. Lunin
Agricultural Research Center "Donskoy", Rostov region, Novocherkassk, Russia
Lunin_ls@yandex.ru

Abstract. The article presents the dynamics of corn grain yield in Russia and in the Rostov region. It was determined that the largest number of corn hybrids were cultivated in 2018 from among those included in the State Register of the Russian Federation for the period from 2009 to 2013 (52 pcs.).

Keywords: corn, yield, varietal change, varietal structure

For citation: Lunin L. S. Analysis of the varietal structure of corn cultivated for grain in the Rostov region // Grain Farming of Russia. 2020. No. 2. Pp. 27–33. <http://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-27-33>.

ТЕКСТ СТАТЬИ (на русском языке)

Информация об авторах

Лунин Л. С. – кандидат биологических наук, доцент.

Information about the authors

Lunin L. C. – Candidate of Sciences (Biological), 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.

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 indentation 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 подходящего 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 на 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

2023. № 2 (89)

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:

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
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

Издание включено в Интернет-каталог
ООО «Агентство «Книга-Сервис» 2022/1

**Главный редактор —
доктор географических наук А. Н. Бармин
Ответственный секретарь — Д. А. Бычкова**

Техническое редактирование, верстка *С. Н. Лычагиной*

Дата выхода в свет 30.07.2023 г.

Цена свободная

Заказ № 4524. Тираж 500 экз. (первый завод – 22 экз.)

Уч.-изд. л. 17,0. Усл. печ. л. 23,8

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

тел. (8512) 24-66-60 (доп. 3, издательско полиграфический отдел)

Е-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,

Е-mail: a-d-t@mail.ru