

16+

ISSN 2077-6322

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В. Н. ТАТИЩЕВА

# ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**2023. № 1 (88)**

*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);*

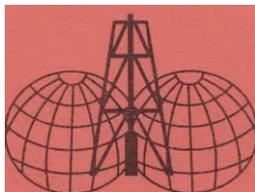
*1.6.12 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки);*

*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

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

## ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
2023. № 1 (88)

*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;

*Спанькин 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;

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

*Рулес 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;

*Смольянинов 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.

ISSN 2077-6322

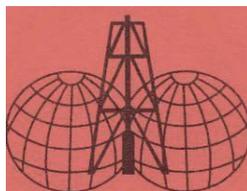
ASTRAKHAN TATISHCHEV STATE UNIVERSITY

**GEOLOGY, GEOGRAPHY  
AND GLOBAL ENERGY**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

**2023. No 1 (88)**

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  
Astrakhan Tatishchev State University  
2023

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

**GEOLOGY, GEOGRAPHY AND GLOBAL ENERGY**

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL**

**2023. No 1 (88)**

*Editor Council:*

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

*Deputy Council Editor:*

*Vasily I. Popkov*, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, 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 Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Volgograd State University, Russia;

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

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

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

*Irina V. Chesnokova*, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, 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 Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Ecology of the Volga Basin of the RAS, Tolyatti, Russia;

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

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

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

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

*Alexander S. Rulev*, Doctor of Agricultural Sciences, 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 Geographical Sciences, Professor, corresponding member of the RAS, Head of Laboratory, Institute of Geography RAS, Moscow, Russia;

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

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

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

*Anatoly V. Velikorodov*, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev, Russia;

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

*Aleksey G. Tyrkov*, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev, Russia;

*Mikhail V. Valov*, Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev, Russia;

*Dinara A. Bychkova*, specialist in educational and methodological activities, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev, 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.

© Astrakhan Tatishchev State University, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Смирнова Т. С., Быстрова И. В., Прозорова Е. А., Эфендиева М. С., Абдулхаликов Р. Р.</i> Геохимические состав и свойства нефтегазоконденсатного месторождения имени Ю. Корчагина .....	9
<i>Логецкий А. С., Лямина Н. Ф., Картоев М.-А. М., Серебряков А. О.</i> Решение проблемы пробкового режима в мультифазном трубопроводе на примере месторождения имени В. Филановского .....	19
<i>Абуталиева И. Р., Жалбусинова А. Е., Журавлев Г. И.</i> Применение наночастиц при разработки месторождений с высоковязкими нефтями для повышения нефтеотдачи .....	24
<i>Куделина И. В., Леонтьева Т. В.</i> Минералого-геохимические особенности коры выветривания гранитоидов восточного Оренбуржья .....	28
<i>Лямина Н. Ф., Силкина Т. С., Серебряков А. О., Иванов Г. А.</i> Способ повышения энергоэффективности модернизированной конструкции системы охлаждения попутного нефтяного газа .....	35
<i>Федорова Н. Ф., Воронов А. В., Григорян Н. А.</i> Цикличность осадконакопления в пределах Северного Каспия .....	41

### ГИДРОГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Гаев И. А., Куделина И. В., Галянина Н. П.</i> Вертикальная гидрогеохимическая зональность – ключ к определению перспектив нефтегазоносности на примере платформенных районов Оренбуржья .....	49
<i>Ушивецва Л. Ф., Журавлева О. А., Ярославцев И. О.</i> Гидрохимические особенности состава пластовых вод соленой формации юго-западной части Прикаспия .....	54
<i>Галянина Н. П., Гаев А. Я., Куделина И. В.</i> Гидрогеологические особенности недостаточно изученной центральной части территории Оренбуржья .....	60
<i>Сергеев А. О., Бармин А. Н., Болдырев В. В.</i> Гидрогеологические особенности проектирования методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях Западной Сибири .....	66

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

<i>Безуглова М. С., Крыжановская Г. В., Шарова И. С., Иолин М. М.</i> Современные аспекты развития водной рекреации и туризма на территории Прикаспия .....	71
<i>Прядилина (Морозова) А. В., Чеснокова И. В.</i> Опыт кластерного анализа снимков в тепловом инфракрасном диапазоне .....	79

### ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Корягина Н. В., Корягин Ю. В.</i> Эффективность вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения .....	86
---	----

### ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Карабаева А. З., Морозова Л. А.</i> Геоэкологическая оценка воздействия инженерно-геологических изысканий на биологическую среду в районе нефтегазового участка «Женис» шельфовой зоны Каспия .....	96
---	----

<i>Маленёв А. И., Семёнов М. Е., Сумин А. И., Дьяков С. А., Закусилов В. П.</i> Микромасштабная модель переноса вредных примесей в условиях застройки различной плотности.....	105
<i>Синцов А. В., Бармин А. Н., Валов М. В., Колчин Е. А., Синцова Н. В.</i> Особенности воздействия процесса загрязнения на почвенный покров урбанизированных территорий Юга России .....	112
<i>Кустов М. В., Тесленок С. А., Кудрявцев М. А., Муштайкин А. П.</i> Исследования водоохранной зоны реки Инсар .....	118
<i>Петров Ю. В., Шкитин А. В.</i> Оценка применения наилучших доступных экологических технологий в условиях сложившейся окружающей природной среды в Карагандинской области Республики Казахстан .....	129
<b>ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)</b>	
<i>Анисимов Л. А., Солодовников Д. А., Донцова О. Л., Панина О. В.</i> Геоэкология береговой линии Волгограда .....	135
<i>Глебова Л. В., Шарипов Ф. А., Вобликова Е. Ю., Артамонов Д. С.</i> Экологические проблемы сжигания попутного нефтяного газа .....	142
<i>Донцова О. Л., Панина О. В.</i> Комплексный геоэкологический анализ проявления опасных процессов на территории города Краснодара .....	147
<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	155
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА</b> .....	156
<b>ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ</b> .....	162

## CONTENTS

### GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

<i>Smirnova T. S., Bystrova I. V., Prozorova E. A., Efendieva M. S., Abdulkhalikov R. R.</i> Geochemical composition and properties of the Y. Korchagin oil and gas condensate field .....	9
<i>Logetsii A. S., Lyamina N. F., Kartoev M.-A. M., Serebryakov A. O.</i> Solving the problem of the cork regime in a multiphase pipeline on the example of the V. Filanovsky field.....	19
<i>Abutalieva I. R., Zhalbusinova A. E., Zhuravlev G. I.</i> Application of nanoparticles in the development of deposits with high-viscosity oils to increase oil recovery .....	24
<i>Kudelina I. V., Leontieva T. V.</i> Mineralogical and geochemical features of the weathering crust of granitoids of the Eastern Orenburg region .....	28
<i>Lyamina N. F., Silkina T. S., Serebryakov A. O., Ivanov G. A.</i> Method for improving the energy efficiency of the upgraded design of the associated petroleum gas cooling system .....	35
<i>Fedorova N. F., Voronov A. V., Grigoryan N. A.</i> Cyclical sedimentation within the Northern Caspian .....	41

### HYDROGEOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)

<i>Gaev I. A., Kudelina I. V., Galyanina N. P.</i> Vertical hydrogeochemical zoning is the key to determining the prospects for oil and gas potential on the example of the platform regions of the Orenburg region .....	49
<i>Ushivceva L. F., Zhuravleva O. A., Yaroslavtsev I. O.</i> Hydrochemical characteristics of the brines composition in the saline formation of the Pre-Caspian southwestern part .....	54
<i>Galyanina N. P., Gaev A. Ya., Kudelina I. V.</i> Hydrogeological features of the insufficiently studied central part of the territory of Orenburg region.....	60
<i>Sergeev A. O., Barmin A. N., Boldyrev V. V.</i> Hydrogeological features of designing methods for enhanced oil recovery in the fields of Western Siberia .....	66

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

<i>Bezuglova M. S., Kryzhanovskaya G. V., Sharova I. S., Iolin M. M.</i> Modern aspects of the development of water recreation and tourism in the Caspian region .....	71
<i>Pryadilina (Morozova) A. V., Chesnokova I. V.</i> Experience in cluster analysis of images in the thermal infrared range .....	79

### LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Koryagina N. V., Koryagin Yu. V.</i> Efficiency of involvement in the turnover of agricultural land .....	86
---	----

### GEOECOLOGY (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Karabaeva A. Z., Morozova L. A.</i> Geocological assessment of the impact of engineering and geological surveys on the biological environment in the area of the Zhenis oil and gas section of the Caspian shelf zone .....	96
--	----

<b>Malenev A. I., Semenov M. E., Sumin A. I., Dyakov S. A., Zakusilov V. P.</b> Micromastable model of transport of harmful impurities in the conditions of buildings of different densities .....	105
<b>Sintsov A. V., Barmin A. N., Valov M. V., Kolchin E. A., Sintsova N. V.</b> Features of the impact of the pollution process on the soil cover of the urbanized territories of the South of Russia .....	112
<b>Kustov M. V., Teslenok S. A., Kudryavcev M. A., Mushtaikin A. P.</b> Studies of the water protection zone of the Insar river .....	118
<b>Petrov Yu. V., Shkitin A. V.</b> Assessment of the use of the best available environmental technologies in the conditions of the current natural environment in the Karaganda region of the Republic of Kazakhstan .....	129
<b>GEOECOLOGY (GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES)</b>	
<b>Anisimov L. A., Solodovnikov D. A., Dontsova O. L., Panina O. V.</b> Geocology of the Volga coastline in Volgograd .....	135
<b>Glebova L. V., Sharipov F. A., Voblikova E. Yu., Artamonov D. S.</b> Environmental problems of associated petroleum gas combustion .....	142
<b>Dontsova O. L., Panina O. V.</b> Comprehensive geocological analysis of the manifestation of hazardous processes on the territory of the city of Krasnodar .....	147
<b>ABSTRACT</b> .....	155
<b>RULES FOR AUTHORS</b> .....	156
<b>ORDER OF REVIEWING</b> .....	162

## ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

*Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 9–18.  
*Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):9–18 (In Russ.).

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СОСТАВ И СВОЙСТВА НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИМЕНИ Ю. КОРЧАГИНА

Научная статья  
УДК 553.982.2  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_9

Смирнова Татьяна Сергеевна<sup>1✉</sup>, Быстрова Инна Владимировна<sup>2</sup>, Прозорова Елена Анатольевна<sup>3</sup>, Эфендиева Маргарита Сергеевна<sup>4</sup>, Абдулхаликов Рунис Растямович<sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

<sup>3</sup>ПАО «Нефтяная компания Лукойл», Москва

<sup>1</sup>juliet\_23@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3697-9797>

<sup>2</sup>innabistrova1948@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3675-2485> 2 414056

<sup>3</sup>esmolyanskaya@gmail.com

<sup>4</sup>margoopopovaa0312@mail.ru

<sup>5</sup>run\_abd@mail.ru

**Аннотация.** В статье авторами проведён анализ залежей морского нефтегазоконденсатного месторождения имени Ю. Корчагина с целью увеличения добычи углеводородов на шельфе Каспийского моря. В соответствии с классификацией запасов в границах месторождения выделено 11 залежей: 7 газоконденсатных, 2 нефтегазоконденсатных и 2 нефтяных. В статье рассмотрены залежи месторождения имени Ю. Корчагина, находящиеся в отложениях: газовая – в палеогене, газоконденсатные – в альбском и аптском ярусах, нефтегазоконденсатные – в неоккомском надьяресе и волжском ярусе, и газоконденсатная – в келловейском ярусе. Приводятся и анализируются данные по компонентному составу и геохимическим свойствам залежей газа и конденсата месторождения имени Ю. Корчагина, что позволяет оптимистически оценить перспективы нефтегазоносности рассматриваемого месторождения.

**Ключевые слова:** месторождение им. Ю. Корчагина, Ракушечно-Широтная система поднятий, стратификация разреза, геохимические свойства, компонентный состав газа, конденсата, нефтегазоносность, нефтегазоносные комплексы

**Для цитирования:** Смирнова Т. С., Быстрова И. В., Прозорова Е. А., Эфендиева М. С., Абдулхаликов Р. Р. Геохимические состав и свойства нефтегазоконденсатного месторождения имени Ю. Корчагина // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 9–18. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_9](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_9).

### GEOCHEMICAL COMPOSITION AND PROPERTIES OF THE Y. KORCHAGIN OIL AND GAS CONDENSATE FIELD

Tatiana S. Smirnova<sup>1✉</sup>, Inna V. Bystrova<sup>2</sup>, Elena A. Prozorova<sup>3</sup>,

Margarita S. Efendieva<sup>4</sup>, Runis R. Abdulkhalikov<sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

<sup>3</sup>CJSC «Lukoil Oil Company», Moscow

<sup>1</sup>juliet\_23@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-3697-9797>

<sup>2</sup>innabistrova1948@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3675-2485> 2 414056

<sup>3</sup>esmolyanskaya@gmail.com

<sup>4</sup>margoopopovaa0312@mail.ru

<sup>5</sup>run\_abd@mail.ru

**Abstract.** In the article, the authors analyzed the deposits of the Yu. Korchagin offshore oil and gas condensate field in order to increase the production of hydrocarbons on the Caspian Sea shelf. In accordance with the classification of reserves, 11 deposits have been identified within the boundaries of the field: 7 gas condensate, 2 oil and gas condensate and 2 oil. The article considers the deposits of the Yu. Korchagin field located in sediments: gas – in the Paleogene, gas – condensate – in the Albian and Aptian tiers, oil and gas-condensate – in the Neocomian upper tier and the Volga tier, and gas-condensate – in the Kellovian tier. Data on the component composition and geochemical properties of gas and condensate deposits of the Yu. Korchagin field are presented and analyzed. Korchagin, which makes it possible to optimistically assess the prospects of oil and gas potential of the field in question.

**Keywords:** Yu. Korchagin field, Rakushechnoye-Latitudinal system of concepts, section stratification, geochemical properties, component composition of gas, condensate, oil and gas potential, oil and gas complexes

**For citation:** Smirnova T. S., Bystrova I. V., Prozorova E. A., Efendieva M. S., Abdulkhalikov R. R. Geochemical composition and properties of the Yu. Korchagin oil and gas condensate field. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):9–18 (In Russ.). [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_9](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_9).

Морское нефтегазоконденсатное месторождение им. Ю. Корчагина было открыто в 2000 году скважиной 1-Широтная. Месторождение находится в пределах структуры Широтная, которая приурочена к южному склону морского продолжения кряжа Карпинского, в пределах Каспийско-Мангышлакской системы поднятий и входит в Ракушечно-Широтную систему поднятий. Оно приурочено к северной части Каспийского моря и расположено на территории лицензионного участка ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» на расстоянии 175 км к югу от г. Астрахань. Недропользователем является ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» (рис. 1). [10, 11].

На суше ближайшим месторождением является Астраханское газоконденсатное месторождение, а на море следующие: на западе – Ракушечное, им. В. Филановского, на юге – им. Ю. С. Кувыкина; восточнее месторождения проходит граница двух секторов российского и казахстанского.

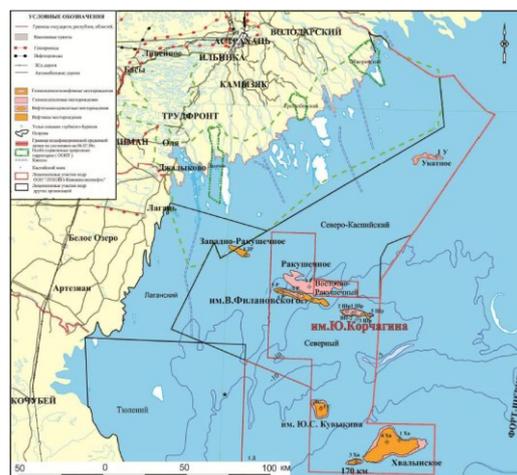


Рисунок 1 – Обзорная карта района работ (по данным авторов)

Залежи углеводородов приурочены к палеогеновому возрасту, альбскому, аптскому ярусам и неокомскому надъярису нижнемелового возраста, волжскому региональному ярусу верхней юры и среднерурскому комплексу.

Месторождение им. Ю. Корчагина в соответствии с классификацией запасов углеводородного сырья по величине извлекаемых запасов: нефти – месторождение отнесено к средним, газа – к крупным; по геологическому строению – к очень сложным. Всего в границах месторождения выделены 11 залежей: 7 – газоконденсатных, 2 – нефтегазоконденсатных, 2 – нефтяных [8].

Основными нефтегазоносными комплексами в акватории Каспийского моря являются юрский и нижнемеловой. На территории месторождения выделяется палеогеновый (палеоцен-эоцен) преимущественно газоносный комплекс. По аналогии с региональными нефтегазоносными комплексами установленными в пределах как акватории, так и прибрежных частях Каспия выделяются следующие нефтегазоносные комплексы [2, 3]:

1. Пермско-триасовый карбонатный нефтеносный;
2. Юрский карбонатно-терригенный нефтегазоносный;
3. Нижнемеловой терригенный газонефтеносный;
4. Верхнемеловой карбонатный газонефтеносный;
5. Палеогеновый (палеоцен-эоценовый) газоносный;
6. Неоген-четвертичный (среднемиоцен-плиоценовый) терригенный нефтегазоносный.

В 2000 г. поисковой скважиной 1-Широтной было открыто нефтегазоконденсатное месторождение имени Ю. Корчагина, на глубине 2500 м, которая на сегодняшний день остаётся самой глубокой скважиной на месторождении.

Следует отметить, что данная скважина вскрыла самый полный разрез мезозойско-кайнозойских отложений, вплоть до оленёкского яруса нижнего триаса. В том же году была пробурена поисковая скважина 2-Широтная, а в 2003 г. – поисково-оценочная скважина 3-Широтная.

Месторождение им. Ю. Корчагина было введено в промышленную разработку в 2010 г. Уже к 01.01.2013 г. здесь было пробурено 13 эксплуатационных скважин, из которых 10 добывающих горизонтальных, одна вертикальная водонагнетательная ВП-2, две горизонтальные газонагнетательные G-1 и G-1 бис, вертикальная поисково-оценочная скважина 5-Широтная.

Таким образом, всего на месторождении им. Ю. Корчагина выявлено шесть залежей: одна газовая (палеоген), три газоконденсатных (альб, апт и келловей) и две нефтегазоконденсатные (неокомский надъярус и волжский ярус) [5, 6].

В структурном отношении залежь в палеогеновых отложениях приурочена к западному по-вышенному участку антиклинали. Залежь неполнопластовая и осложнена тектоническими нарушениями. Её размеры на западе составляют 7,750×3,000 км, а высота достигает 34,6 м. Залежи приурочены к карбонатным породам-коллекторам [4].

Во всех скважинах и при ОПК в скважине G1 газонасыщенность коллекторов определена по данным ГИС. Отмечается изменения газонасыщенных толщин в скважинах от 3,0 м (скважина ВП-2) до 24,5 м (скважина 1-Широтная). В скважине 3-Широтная пласт-коллектор водонасыщен.

По результатам ГИС в скважине 1-Широтная уровень ГВК принят на абсолютной отметке минус 704,6 м.

Пластовый газ, полученной при испытании скв. G-1 по результатам единственной пробы из отложений палеогеновой системы исследован (табл. 1).

По результатам PVT-исследований проб газа, которые были получены в ходе опробований, было установлено, что пластовый продукт представляет собой ненасыщенную газовую систему. В условиях пластовой температуры и снижении давления, как правило, не происходит выпадение жидкой фазы, следовательно, пластовые потери конденсата отсутствуют.

В пластовых условиях плотность газа равняется 61,13 кг/м<sup>3</sup>, динамическая вязкость – 0,0133 МПа×с, коэффициент сжимаемости – 0,866. Потенциальное содержание конденсата – 14,09 г/м<sup>3</sup>.

Содержание неуглеводородных компонентов составляет около 1,2 мол. %: азота – 1,158 мол. %, гелия – 0,017 мол. %, водорода – 0,001 мол. %, углекислого газа – 0,001 мол. %, сероводород – не обнаружен.

Так как стабильный конденсат не выделен, его содержание подсчитано условно по суммарному содержанию компонента C<sub>5+</sub>, что не позволяет получить достоверные результаты его физико-химической характеристики.

Таблица 1 – Компонентный состав пластового газа залежей палеогена (по данным авторов)

Компоненты	Содержание	
	Мас. %	Мол. %
Сероводород	0,000	0,000
Водород	0,004	0,001
Углекислый газ	0,000	0,001
Азот	1,840	1,158
Метан	84,116	92,444
Этан	7,018	4,115
Пропан	3,151	1,260
Изо-бутан	0,827	0,251
Н-бутан	1,122	0,340
Изо-пентан	0,485	0,118
Н-пентан	0,0440	0,107
psC6	0,434	0,091
psC7	0,285	0,052
psC8	0,182	0,030
psC9	0,071	0,010
Остаток C10+	0,024	0,003
Всего:	100	100
Плотность при 20°C и 101,3 кПа(a), кг/м <sup>3</sup>	0,735	
Пластовые условия:		
Давления, МПа(a)	7,69	
Температура, °C	34,7	
Молярная масса, г/моль	17,63	
Молярная масса C <sub>5</sub> , г/моль	82,02	
Содержание C <sub>5</sub> , г/моль пластового газа	14,09	
Давление начала конденсации при пластовой температуре, МПа	-	

Газоконденсатная залежь альбского яруса пластово-сводового типа, тектонически ограниченная. Приурочена к западному куполу антиклинальной складки. Размеры залежи – 8,500×3,250 км, высота 59,5 м. Газонасыщенные толщины по скважинам изменяются от 2,2 м (скважина 2-Широтная) до 9,7 м (скважина ВП-2). Отложения представлены алевролитами. Газонасыщенность пластов-коллекторов и ГВК определены по ГИС и результатам ОПК скважин ВП-2. ГВК принят на абсолютной отметке минус 1299,5 м по ГИС в скважине 2-Широтная.

Отложения альбского яруса в колонне не испытывались. Проба пластового газа получена при опробовании на кабеле скважины ВП-2 [1, 9].

Согласно результатам промысловых газодинамических исследований пластовое давление в газоконденсатной залежи альбского яруса составляет 13,80 МПа в западной залежи и 14,20 МПа – в восточной, пластовая температура в обеих залежах – 63,5°С. Пластовый флюид представляет собой ненасыщенную газоконденсатную систему с давлением начала конденсации 11,70 МПа. В пластовых условиях, в зависимости от залежи, плотность газа составляет 106,7–109,9 кг/м<sup>3</sup>, динамическая вязкость – 0,0168–0,0170 МПа×с, коэффициент сжимаемости – 0,857–0,858. Содержание компонентов C<sub>5+</sub> равняется 47,3 г/м<sup>3</sup> пластового газа и 47,8 г/м<sup>3</sup> сухого газа. Содержание неуглеводородных компонентов составляет около 1,5 мол. %, сероводород – отсутствует [6, 7, 9].

Таблица 2 – Компонентный состав газа сепарации и дегазированного конденсата по результатам стандартной сепарации пластового газа альбского яруса (по данным авторов)

Компоненты	Газ сепарации		Дегазированный конденсат		Пластовый газ	
	Мас. %	Мол. %	Мас. %	Мол. %	Мас. %	Мол. %
Сероводород	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Гелий	0,005	0,021	0,000	0,000	0,005	0,021
Водород	0,001	0,008	0,000	0,000	0,001	0,008
Углекислый газ	0,218	0,090	0,000	0,000	0,211	0,089
Азот	2,044	1,320	0,000	0,000	1,982	1,314
Метан	80,709	91,003	0,024	0,185	78,288	90,594
Этан	7,588	4,564	0,013	0,051	7,360	4,543
Пропан	3,787	1,554	0,043	0,119	3,657	1,547
Изо-бутан	0,843	0,262	0,025	0,053	0,819	0,262
Н-бутан	1,578	0,491	0,098	0,206	1,534	0,490
Изо-пентан	0,598	0,150	0,160	0,272	0,585	0,151
Н-пентан	0,725	0,182	0,341	0,580	0,713	0,183
psC6	0,695	0,150	2,445	3,573	0,747	0,165
psC7	0,504	0,095	11,723	14,980	0,840	1,065
psC8	0,361	0,061	21,647	24,856	1,000	0,173
psC9	0,215	0,032	20,903	21,279	0,835	0,128
Остаток C10+	0,130	0,018	42,579	33,846	1,404	0,170
Всего:	100	100	100	100	100	100
Молярная масса, г/моль	18,09		136		18,56	

Таблица 3 – Фракционный состав и физико-химические свойства стабильного конденсата альбского яруса (по данным авторов)

Показатель	Значение
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup>	714
Вязкость кинематическая при 20°С, сСт	0,68
Вязкость динамическая при 20°С, сСт	0,49
Содержание, % масс.: парафина	0,20
Смол силикагелевых асфальтенов	0,04
серы	Отс.
воды	Отс.
Механических примесей	Отс.
Начало кипения, °С	40
Выход фракции до 100 % С, % об.	46

Стабильный конденсат, полученный при разгазировании глубинной пробы, характеризуется плотностью 0,714 г/см<sup>3</sup>, вязкостью при 20°С – 0,68 МПа×с и содержит (масс. %): серы – 0,11, парафина – 0,20, силикагелевых смол – 0,04. Начало кипения конденсата 40°С, при температуре 100°С перегоняется 46 об. %. По результатам стандартной сепарации пластового газа плотность полученного конденсата составила 779 кг/м<sup>3</sup>. Данное значение использовано в расчетах конденсатогазового фактора.

В составе пластового продукта:

- молярная доля «сухого» газа – 0,9887;
- молярная доля «сухого» горючего газа – 0,9695;
- содержание C<sub>5+в</sub>, г/м<sup>3</sup> сухого газа – 47,8 [6].

**Газоконденсатная залежь аптского яруса** пластово-сводового типа, осложнена разрывными нарушениями. Приурочена к западному куполу антиклинали, отделённых прогибом и сериями разрывных нарушений. Размеры залежи – 12,5×4,0 км, высота 108,5 м. По скважинам газонасыщенные толщины изменяются от 20 м (скважина 2-Широтная) до 27,3 м (скважина ВП-2). Отложения представлены алевролитами. Толщина покрывки аптской залежи в пробурённых скважинах изменяется от 61,2 до 11,9 м.

Залежь установлена по результатам интерпретации ГИС во всех скважинах, при перфорации скважины 1-Широтная, ОПК – в скважине ВП-2. В результате испытания в колонне в интервале перфорации 1359–1402 (абсолютная отметка минус 1336–1379 м) получен приток газа дебитом 28,3 тыс. м<sup>3</sup>/сут с небольшим количеством конденсата. В результате отбора пробы при испытании ОПК в скважине ВП-2 получен газ. Отложения яруса представлены тонким переслаиванием песчаников и алевролитов с непроницаемыми разностями [3, 4].

Пластовый флюид представляет собой ненасыщенную газоконденсатную систему с давлением начала конденсации 14,43 МПа при пластовом 15,54 МПа.

В пластовых условиях плотность газа равняется 115,2 кг/м<sup>3</sup>, динамическая вязкость – 0,0180 МПа×с, коэффициент сжимаемости – 0,853. Содержание компонентов C<sub>5+</sub> составляет 64,9 г/м<sup>3</sup> пластового газа и 66,0 г/м<sup>3</sup> сухого газа. Содержание углеводородных компонентов составляет около 2,2 мол. %, сероводород и водород – не обнаружены.

Стабильный конденсат, охарактеризованный по одной пробе, плотностью 0,714 г/см<sup>3</sup> и вязкостью при 20°С – 0,50 МПа×с, содержит (масс. %): серы – 0,01, парафина – следы, смол – 0,04, его температура застывания – ниже минус 60°С. Начало кипения конденсата – 41°С, 10 об. % перегоняется при температуре 56°С, 50 об. % – при температуре 102°С. По результатам стандартной сепарации плотность полученного конденсата составила 791 кг/м<sup>3</sup>. Данное значение использовано в расчётах конденсатогазового фактора [7].

Таблица 4 – Компонентный состав газа сепарации, конденсата и пластового газа аптского яруса (по данным авторов)

Компоненты	Состав газа				Состав конденсата					Состав пластового газа		
	сепарации		дегазации		стабильного		газонасыщенного			моли	Мол %	Мас %
	моли	Мол %	моли	Мол %	моли	Мол %	моли	Мол %	Мас %			
Метан	886,81	886,81	0,15	31,660	0,00	0,000	0,15	0,165	0,243	886,96	87,900	72,740
Этан	53,00	5,300	0,06	11,810	0,01	0,150	0,07	0,758	0,209	53,07	5,259	8,159
Пропан	20,10	2,010	0,09	18,730	0,13	1,460	0,21	2,360	0,957	20,31	2,013	4,580
Изо-бутан	3,40	0,340	0,03	5,990	0,07	0,770	0,09	1,042	0,557	3,49	0,346	1,038
Н-бутан	6,50	0,650	0,07	14,640	0,20	2,300	0,27	2,943	1,573	6,77	0,671	2,011
Изо-пентан	2,30	0,230	0,02	4,720	0,19	2,210	0,21	2,341	1,553	2,51	0,249	0,927
Н-пентан	2,50	0,250	0,03	5,410	0,27	3,180	0,30	3,296	2,186	2,80	0,277	1,032
psC6	1,90	0,190	0,01	3,040	0,62	7,180	0,63	6,964	5,378	2,53	0,251	1,087
psC7+	1,20	0,120	0,00	1,000	7,11	82,750	7,11	78,489	87,301	8,31	0,824	5,013
Азот	19,40	1,940	0,01	2,690	0,00	0,000	0,01	0,140	0,036	19,41	1,924	2,780
Углекислый газ	2,80	0,280	0,00	0,310	0,00	0,000	0,00	0,016	0,007	2,8	0,278	0,630
Сероводород	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Гелий	0,009	0,009	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,09	0,009	0,002
Водород	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Всего	1000,0	100	0,5	100,00	8,6	100,00	9,1	100,00	100,00	1009,1	100,00	100,00
C5+	7,90	0,790	0,067	14,170	8,19	95,320	8,25	91,09	96,42	16,15	1,601	8,059

**Залежь в неокомских отложениях** нефтегазоконденсатная, пластовая сводовая, приурочена к ловушке структурно-тектонического типа. Её размеры 20,25×4,50 км, этаж нефтеносности 19,9 м, этаж газеносности 101,7 м. По скважинам газонасыщенные толщины варьируют от 31,8 м (скважина 2-Ш) до 63,8 м (скважина ВП-2); нефтенасыщенные от 9,8 м (скважина 2-Широтная) до 14,5 м (скважина ВП-2).

Нефтегазосность отложений неокомского надъяруса по данным ГИС и опробования скважин связана с тремя пластами-коллекторами (сверху I, II, III) представленными песчаниками и алевролитами полимиктового состава. Толщина глин, разделяющих пласты-коллекторы, изменяется от 2,4 до 11,0 м. Величины рассчитанных глубинных градиентов пластовых давлений, наличие корреляционной связи между пластами и другие косвенные признаки, полученные

по геолого-промысловым данным, позволяют идентифицировать I, II и III пласты-коллекторы в единую гидродинамическую систему с одинаковыми гипсометрическими отметками ГНК и ВНК и рассматривать залежь в неокомских отложениях как единую.

Покрышкой залежи в неокомских отложениях служит толща глин аптского яруса. Толщина покрышки над залежью неокома изменяется от 61,8 м в скважине 2-Широтная до 3,8 метров в скважине 14, а в скважине 3-Широтная, за контуром залежи, её толщина равна 2,3 м [3, 6].

В скважине 1-Широтная при опробовании в перфорированной колонне в интервалах 1462,0–1495,0 (абсолютная отметка минус 1439,0–1472,0) м и 1510,0–1528,0 (абсолютная отметка минус 1487,0–1505,0) м получены фонтанные притоки газа с конденсатом, на штуцере диаметром 23,81 мм дебиты газа равны 565,7 и 219,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут., дебиты конденсата 36,3 м<sup>3</sup>/сут. и 8,9 м<sup>3</sup>/сут., соответственно.

В скважине 2-Широтная при опробовании в колонне интервала 1501,0–1536,0 (абсолютная отметка минус 1477,7–1512,7) м, на штуцере диаметром 24 мм получен фонтанный приток газа с конденсатом. Дебит газа составил 602,6 тыс. м<sup>3</sup>/сут., дебит конденсата – 47,2 м<sup>3</sup>/сут. При опробовании интервалов 1546,0–1550,4 (абсолютная отметка минус 1522,7–1527,1) м, 1555,0–1559,0 (абсолютная отметка минус 1531,7–1535,7) м и 1559,0–1562,5 (абсолютная отметка минус 1535,7–1539,2) м получены: фонтанный приток нефти дебитом 210,2 м<sup>3</sup>/сут. на штуцере диаметром 11,9 мм, фонтанный приток нефти дебитом 215,2 м<sup>3</sup>/сут. на штуцере диаметром 9,8 мм и притоки нефти и воды дебитами 22,5 м<sup>3</sup>/сут. и 121,7 м<sup>3</sup>/сут., соответственно [9].

ГНК в подсчёте принят на абсолютной отметке минус 1517,2 м, что соответствует подошве последнего газонасыщенного пласта в скважине 1-Широтная и совпадает с серединой расстояния между нижней и верхней дырами интервала перфорации в скважине 2-Широтная, из которого были получены притоки газа и нефти.

ВНК вскрыт в скважине 2-Широтная. По совокупности данных ГИС и опробования, уровень ВНК определён на абсолютной отметке минус 1537,1 м.

Из неокомской залежи горизонтальными скважинами с 2011 года ведётся добыча нефти и газа. Газ, за исключением расходов на собственные нужды, обратно закачивается в неокомскую залежь через скважины G 1 и G 1 бис.

Пластовый флюид представляет собой насыщенную газоконденсатную систему с давлением начала конденсации равным пластовому 16,51 МПа. В пластовых условиях плотность газа равняется 124,6 кг/м<sup>3</sup>, динамическая вязкость – 0,0184 МПа×с, коэффициент сверхсжимаемости – 0,873. Содержание компонентов C<sub>5+</sub> составляет 74,4 г/м<sup>3</sup> пластового газа и 75,7 г/м<sup>3</sup> сухого газа. Содержание неуглеводородных компонентов составляет около 1,8 мол. %, сероводород отсутствует (табл. 5).

Стабильный конденсат, охарактеризованный по трём пробам, средней плотностью 0,721 г/см<sup>3</sup> и вязкостью при 20°C – 0,55 МПа×с, содержит (масс. %): серы – 0,02, парафина – 0,02, смол – 0,07, его температура застывания – ниже минус 60°C. Начало кипения конденсата 40°C, 10 об. % перегоняется при температуре 61°C, 50 об. % – при температуре 111°C. По результатам стандартной сепарации плотность полученного конденсата составила 763 кг/м<sup>3</sup>. Данное значение использовано в расчётах конденсатоголового фактора.

Таблица 5 – Компонентный состав газа сепарации, конденсата и пластового газа неокомского надъяруса по скважине 2-Широтная (по данным авторов)

Компоненты	Состав газа				Состав конденсата					Состав пластового газа		
	сепарации		дегазации		стабильного		газонасыщенного			моли	Мол %	Мас %
	моли	Мол %	моли	Мол %	моли	Мол %	моли	Мол %	Мас %			
Метан	905,70	905,70	2,76	51,570	0,00	0,000	2,76	14,991	2,850	908,46	89,204	74,338
Этан	45,90	4,590	0,71	13,330	0,06	0,480	0,78	4,215	1,502	46,68	4,583	7,160
Пропан	17,10	1,710	0,67	12,490	0,17	1,340	0,84	4,581	2,395	17,94	1,762	4,037
Изо-бутан	1,50	0,150	0,18	3,420	0,12	0,930	0,30	1,654	1,139	1,80	0,177	0,535
Н-бутан	3,10	0,310	0,47	8,700	0,48	3,680	0,95	5,139	3,541	4,05	0,397	1,200
Изо-пентан	1,00	0,100	0,16	2,970	0,44	3,350	0,60	3,240	2,771	1,60	0,157	0,588
Н-пентан	1,20	0,120	0,20	3,750	0,81	6,170	1,01	5,467	4,675	2,21	0,217	0,812
рсС6	1,50	0,150	0,12	2,310	2,03	15,560	2,16	11,708	11,658	3,66	0,359	1,566
рсС7+	1,90	0,190	0,04	0,840	8,94	68,490	8,99	48,825	69,390	10,89	1,069	6,465
Азот	17,70	1,770	0,01	0,270	0,00	0,000	0,01	0,078	0,026	17,71	17,39	2,531
Углекислый газ	3,40	0,340	0,02	0,350	0,00	0,000	0,02	0,102	0,053	3,42	0,336	0,768
Сероводород	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Гелий	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Водород	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Всего	1000,0	100,0	5,4	100,0	13,1	100,00	18,4	100,00	100,00	1018,4	100,00	100,00
C5+	5,60	0,560	0,528	9,870	12,22	93,570	12,74	69,24	88,49	18,34	1,801	9,431

**Нефтегазоконденсатная залежь волжского яруса** нефтегазоконденсатная, неполнопластовая сводовая, приуроченная к ловушке структурно-тектонического типа. Расположена на западном куполе антиклинальной складки.

Размеры залежи 5,5×2,1 км, этаж нефтеносности 19,9 м, этаж газоносности 17,2 м. Нефтенасыщенная толщина вскрыта в скважине 1-Широтная и равна 12 м.

Пласты-коллекторы представлены доломитами без примеси глинистого материала и известняково-доломитовой толщей. Покрышкой служат непроницаемые глины готеривского яруса нижнего мела [6, 8]. Толщина покрышки колеблется от 7 м (скважина 3-Широтная) до 0,8 м (скважины ВП-2, 12).

Результатами испытаний доказана продуктивность верхнего доломитового пласта в скважине 1-Широтная, где в интервале 1544,0–1554,5 (абсолютная отметка минус 1521,0–1531,5) м получен фонтанный приток нефти дебитом 377,5 м<sup>3</sup>/сут. на штуцере диаметра 15,88 мм. Предполагается, что известняково-доломитовый пласт также нефтенасыщен по своему гипсометрическому положению. В скважине 2-Широтная по ГИС и результатам опробования проницаемые отложения насыщены водой. Так при испытании интервала 1588,0–1610,0 (абсолютная отметка минус 1564,7–1586,7) м получен приток пластовой воды со следами нефти. Дебит воды на штуцере диаметра 44 мм составил 309 м<sup>3</sup>/сут.

Так как границы раздела нефть-вода и газ-нефть скважинами не вскрыты то ВНК и ГНК приняты с определённой долей условности. ВНК принят на абсолютной отметке минус 1537,1 м на основании изменения градиентов давлений в скважинах и является единственным с вышелегающей залежью неокомского надъяруса, где он установлен по данным ГИС и результатам испытаний в скважине 2 Широтная. По результатам опробования в скважине 1-Широтная и результатам эксплуатации скважины 12 предполагается наличие газовой шапки.

ГНК условно принят на абсолютной отметке минус 1517,2 м и также является единственным с вышелегающей залежью неокомского надъяруса.

С 2010 года горизонтальными скважинами 11, 12, 14 ведётся эксплуатация волжской залежи [9].

При испытании волжских отложений получен смешанный приток газа, конденсата и пластовой нефти. При подсчёте запасов использовались данные восстановления проб. Согласно результатам промысловых газодинамических исследований пластовое давление в газоконденсатной залежи волжского яруса составляет 16,61 МПа, пластовая температура – 80°C. Пластовый флюид представляет собой насыщенную газоконденсатную систему с давлением начала конденсации равным пластовому 16,61 МПа. В пластовых условиях плотность газа равняется 127,9 кг/м<sup>3</sup>, динамическая вязкость – 0,0186 МПа×с, коэффициент сжимаемости – 0,869. Содержание компонентов C<sub>5+</sub> составляет 82,8 г/м<sup>3</sup> пластового газа и 84,7 г/м<sup>3</sup> сухого газа. Содержание углеводородных компонентов составляет около 2,6 мол. %, сероводород – отсутствует.

Физико-химические свойства нефти и растворенного газа неокомского возраста изучены по 17 глубинным и 19 поверхностным пробам из 9 скважин. По принятой классификации нефть лёгкая, маловязкая, по товарным характеристикам – малосернистые, малосмолистые, парафинистые.

Газ газовой шапки – жирный, низкоуглекислый, низкогелиеносный, бессернистый. Конденсат нефтено-метанового типа [5, 6, 9].

**В разрезе отложений келловейского яруса** по геофизической характеристике выделен пласт-коллектор, представленный полимиктовыми песчаниками.

Размеры залежи по последней замкнутой изогипсе минус 1860 м – 3×9 км, этаж газоносности – 50 м. Залежь пластовая сводовая. Коллекторские свойства пород и насыщенность определены по комплексу ГИС. Керном продуктивная часть не охарактеризована.

По результатам испытания скважины 2-Широтная из интервала 1861–1871 (1837,7–1847,7) м получен безводный приток газа дебитом 627 м<sup>3</sup>/сут., контакт раздела флюидов не вскрыт.

При выделении коллекторов и определении насыщения использовались качественные и количественные критерии аналогичные полимиктовым песчаникам нижнего мела.

В процессе исследования I объекта (интервал перфорации 1861–1871 м, келловейский ярус) было отобрано 2 пробы конденсата – из мерного танка и нефтяной линии сепаратора. По физико-химическому анализу обе пробы близки между собой.

Конденсат лёгкий (735 кг/м<sup>3</sup>), до 200°C выкипает 82 % об., застывает при очень низких температурах (ниже минус 60°C), содержит мало твёрдых парафинов (0,41 % масс.), серы (0,03 % масс.) и силикагелевых смол (0,16 % масс.), не содержит асфальтенов.

По данным молекулярного анализа конденсат относится к метановому типу, т.к. в нем n-парафиновые углеводороды существенно преобладают над углеводородами других типов (отношения пристан/нС<sub>17</sub>=0,15, фитан/нС<sub>18</sub>=0,10, (пристан+фитан)/(нС<sub>17</sub>+нС<sub>18</sub>)=0,13). Повышенное значение пристан/фитан=2,11 характерно для конденсатов [5, 6, 9].

В отличие от нижнемелового конденсата, этот конденсат характеризуется большим содержанием высококипящих нефтяных углеводородов.

Кроме того, повышенные содержания углеводородов были обнаружены в процессе исследования ядерного материала.

Высокое содержание нефтяных углеводородов отмечено в песчаниках келловейского яруса средней юры (образцы ядра с глубин 2002,86; 2006; 2010,85 м). Выделенная из образцов ядра нефть парафинистая, характерная для келловейских отложений. В ней отношения  $\text{пристан}/\text{нС}_{17}=0,19$ ,  $\text{фитан}/\text{нС}_{18}=0,13$ ,  $(\text{пристан}+\text{фитан})/(\text{нС}_{17}+\text{нС}_{18})=0,16$ .

На основании состава конденсата из скважины 2-Широтная можно сделать предположение о наличии нефтяной оторочки в юрских отложениях месторождения им. Ю. Корчагина.

Кроме того, при испытании скважины 6-Ракушечная (месторождение им. В. Филановского) был получен приток нефти из среднеюрских отложений.

Учитывая косвенные признаки в скважине 2-Широтная и приток нефти на соседнем месторождении, можно сделать предположение о наличии нефтяной залежи в отложениях средней юры на месторождении им. Ю. Корчагина.

Таким образом, добываемая на месторождении им. Ю. Корчагина нефть имеет хорошие качественные характеристики и относится к категории «лёгкая малосернистая», парафинистая. Основные риски при добыче нефтей неокомского и волжского ярусов, связаны с выпадением парафинов. Парафиновые отложения в нефтепромысловом оборудовании формируются, в основном, вследствие выпадения высокомолекулярных углеводородов при снижении температуры потока нефти ниже температуры насыщения нефти парафином. При этом необходимо учесть тот факт, что механизм появления осложнений, связанных с выпадением тяжёлых отложений включает в себя ряд факторов и одно лишь наличие выпадающих в твёрдую фазу парафинов не обязательно вызовет их прилипание и накопление на поверхности внутрискважинного оборудования. При анализе работы добывающих скважин, эксплуатирующих продуктивные объекты месторождения им. Ю. Корчагина проблем, связанных с отложениями парафинов на ВСО не выявлено. Однако, с учётом высокого содержания парафинов в нефти, снижением проектных показателей дебитов нефти, ростом обводнённой, а также, согласно проведённым расчётам, в будущем возможно отложения парафина на стенках лифтовых труб. В связи с этим даны рекомендации по борьбе с АСПО (асфальтосмолопарафиновые отложения).

Одним из эффективных способов предупреждения отложений АСПО является использование химических методов борьбы с АСПО.

Конденсат лёгкий, содержит мало твёрдых парафинов, серы и силикагелевых смол, не содержит асфальтенов.

Газ газовой шапки – жирный, низкоуглекислый, низкогелиеносный, бессернистый.

Весь объём добываемого газа предполагается закачивать в газонагнетательные скважины, оставшийся объём газа будет направляться на Райзерный блок месторождения им. В. Филановского, где может быть использован в качестве сырья для газлифта объектов обустройства им. В. Филановского или отправлен на ГХК ООО «Ставролен», где предусматривается глубокая переработка газа с извлечением целевых компонентов  $\text{C}_{2+}$  выше для целей пиролиза и получения высококипящей продукции химического производства [6, 9].

Результаты анализа компонентного состава и геохимических свойств газа и конденсата месторождения имени Ю. Корчагина позволяют оптимистически оценить перспективы нефтегазоносности данного месторождения и определить направления дальнейших поисково-разведочных работ северной части Каспийского моря.

#### Список источников

1. Бочкарева В. А., Сыдыков Ж. С., Джангирьянц Д. А. Подземные воды Прикаспийской впадины и её восточных обрамлений. Алма-Ата: Наука, 1973. 227 с.
2. Борков Ф. П., Головачев Э. М., Щербаков В. В. Северный Каспий. Строение и перспективы нефтегазоносности (новейшие геолого-геофизические исследования). Разведочная геофизика: обзор. Москва: Геоинформмарк, Геоинформ, 1998. 49 с.
3. Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Шляхтин М. П., Шаймаков А. Б. Нефтегазоносность шельфовой зоны Каспийского моря // Географические науки и образование: мат-лы X Всероссийской научно-практической конференции / сост.: В. В. Занозин, А. З. Карабаева, М. М. Июлин, А. Н. Бармин. Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2017. С. 69–72.
4. Быстрова И. В., Дутова П. А., Смирнова Т. С., Мелихов М. С. Особенности тектонического строения и нефтегазоносность акватории Северного Каспия // Современные проблемы географии: межвузовский сборник научных статей / сост.: В. В. Занозин, А. Н. Бармин, М. М. Июлин, А. З. Карабаева. Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2018. С. 164–168.
5. Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Матюшевский Р. Л. Геолого-промысловая характеристика продуктивных пластов месторождений в акватории северной части Каспийского моря //

Инновации и перспективы современной науки. Естественные науки: сборник трудов молодых ученых / сост.: Ю. А. Очередко, О. С. Садомцева, А. В. Великородов, А. Г. Тырков. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2018. С. 72–78.

6. Быстрова И. В., Дутова П. А., Смирнова Т. С., Попова М. С. Специфика проведения геохимических методов поиска морских месторождений нефти и газа // Географические науки и образование: мат-лы XI Всероссийской научно-практической конференции / сост.: В. В. Занозин, А. З. Карабаева, М. М. Иолин, А. Н. Бармин. Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2018. С. 90–93.

7. Быстрова И. В., Смирнова Т. С. Основные закономерности процессов современного преобразования геологической среды Западного Прикаспия // Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 3 (74). С. 7–14.

8. Быстрова И. В., Смирнова Т. С. Основные этапы геологического освоения шельфа Каспийского моря // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 4 (83). С. 7–12.

9. Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Желтоухова Я. А., Эфендиева М. С. Гидрогеологические условия разработки месторождения имени Ю. Корчагина // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 4 (87). С. 15–26.

10. Лебедев Л. И., Алексина И. А., Кулаков Л. С. и др. Каспийское море. Геология и нефтегазоносность / Москва: Наука, 1987. 295 с.

11. Глумов И. Ф., Маловицкий Я. П., Новиков А. А., Сенин Б. И. Региональная нефтегазоносность и геология Каспийского моря. Москва: Наука, 2004. 342 с.

#### References

1. Bochkareva V. A. Sydykov Zh. S., Dzhangiryants D. A. Underground waters of the Caspian depression and its eastern frames. Alma-Ata: Science; 1973:227. (In Russ.).

2. Borkov F. P., Golovachev E. M., Shcherbakov V. V. Northern Caspian. Structure and prospects of oil and gas potential (the latest geological and geophysical studies). Exploration geophysics: a review. Moscow: Geoinformmark, Geoinform; 1998:49. (In Russ.).

3. Bystrova I. V., Smirnova T. S., Shlyakhtin M. P., Shaimakov A. B. Oil and gas potential of the shelf zone of the Caspian Sea. *Geographical sciences and education: materials of the X All-Russian scientific and practical conference* / comp.: V. V. Zanozin, A. Z. Karabaeva, M. M. Iolin, A. N. Barmin. Astrakhan: Publishing House «Astrakhan University»; 2017:69–72. (In Russ.).

4. Bystrova I. V., Dutova P. A., Smirnova T. S., Melikhov M. S. Peculiarities of tectonic structure and oil and gas content of the Northern Caspian Sea. *Modern problems of geography: interuniversity collection of scientific articles* / comp.: V. V. Zanozin, A. N. Barmin, M. M. Iolin, A. Z. Karabaev. Astrakhan: Publishing House «Astrakhan University»; 2018:164–168. (In Russ.).

5. Bystrova I. V., Smirnova T. S., Matyushevsky R. L. Geological and field characteristics of productive strata of deposits in the water area of the northern part of the Caspian Sea. *Innovations and prospects of modern science. Natural sciences: a collection of works of young scientists* / comp.: Yu. A. Ocheredko, O. S. Sadomtseva, A. V. Velikorodov, A. G. Tyrkov. Astrakhan: Astrakhan University Publishing House; 2018:72–78. (In Russ.).

6. Bystrova I. V., Dutova P. A., Smirnova T. S., Popova M. S. The specifics of geochemical methods for searching for offshore oil and gas fields. *Geographical sciences and education: materials of the XI All-Russian scientific and practical conference* / comp.: V. V. Zanozin, A. Z. Karabaeva, M. M. Iolin, A. N. Barmin. Astrakhan: Publishing House «Astrakhan University»; 2018:90–93. (In Russ.).

7. Bystrova I. V., Smirnova T. S. The main regularities of the processes of modern transformation of the geological environment of the Western Caspian. *Geology, geography and global energy*; 2019;3(74):7–14. (In Russ.).

8. Bystrova I. V., Smirnova T. S. The main stages of the geological development of the shelf of the Caspian Sea. *Geology, geography and global energy*. 2021;4(83):7–12.

9. Bystrova I. V., Smirnova T. S., Zheltoukhova Ya. A., Efendieva M. S. Hydrogeological conditions for the development of the Yu. Korchagin field. *Geology, geography and global energy*. 2022;4(87):15–26. (In Russ.).

10. Lebedev L. I., Aleksina I. A., Kulakov L. S. et al. Caspian Sea. Geology and oil and gas potential. Moscow: Nauka; 1987:295. (In Russ.).

11. Glumov I. F., Malovitsky Ya. P., Novikov A. A., Senin B. I. Regional oil and gas potential and geology of the Caspian Sea. Moscow: Nauka; 2004:342. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Смирнова Т. С. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент;

Быстрова И. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент;

Прозорова Е. А. – главный специалист ПАО «Нефтяная компания Лукойл»;

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;  
Prokhorova E. A. – Chief Specialist of PJSC «Lukoil Oil Company»;  
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 28.11.2022; одобрена после рецензирования 25.01.2023; принята к публикации 06.02.2023.

The article was submitted 28.11.2022; approved after reviewing 25.01.2023; accepted for publication 06.02.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 19–23.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):19–23 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 622.276  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_19

### РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОБКОВОГО РЕЖИМА В МУЛЬТИФАЗНОМ ТРУБОПРОВОДЕ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИМЕНИ В. ФИЛАНОВСКОГО

Логецкий Артем Сергеевич<sup>1</sup>, Лямина Наталья Федоровна<sup>2</sup>, Картоев Магомед-Амин  
Микаилович<sup>3</sup>, Серебряков Андрей Олегович<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»

<sup>2,3</sup>Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

<sup>4</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

<sup>1</sup>artem.logetsky@lukoil.com

<sup>2</sup>nataliagty@mail.ru

<sup>3</sup>ma.kartoev@mail.ru

<sup>4</sup>sereb5@mail.ru

**Аннотация.** Данная статья посвящена решению проблемы влияния пробкообразования в мультифазных трубопроводах на технологическое оборудование морских нефтегазовых объектов на примере месторождения имени В. Филановского путём доработки внутренних устройств газовых сепараторов системы компримирования. Ввиду особенностей проектирования морских нефтегазовых объектов, которые исключают наличие резервных площадей для установки дополнительного оборудования, наиболее целесообразным является доработка существующего оборудования.

**Ключевые слова:** пробкообразование, мультифазный поток, циклон CDS Spiraflow, газосепараторы, компрессоры, система компримирования

**Для цитирования:** Логецкий А. С., Лямина Н. Ф., Картоев М.-А. М., Серебряков А. О. Решение проблемы пробкового режима в мультифазном трубопроводе на примере месторождения имени В. Филановского // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 19–23. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_19](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_19).

### SOLVING THE PROBLEM OF THE CORK REGIME IN A MULTIPHASE PIPELINE ON THE EXAMPLE OF THE V. FILANOVSKY FIELD

Artem S. Logetskii<sup>1</sup>, Natalia F. Lyamina<sup>2</sup>, Magomed-Amin M. Kartoev<sup>3</sup>, Andrey O. Serebryakov<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО LUKOIL-Nizhnevolzhskneft

<sup>2,3</sup>Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

<sup>4</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

<sup>1</sup>artem.logetsky@lukoil.com

<sup>2</sup>nataliagty@mail.ru

<sup>3</sup>ma.kartoev@mail.ru

<sup>4</sup>sereb5@mail.ru

**Abstract.** This article is devoted to solve the problem of slugging at offshore oil and gas facilities of V. Filanovsky field, by install the internals in the gas separators of the gas compression system. Due to the peculiarities of design of offshore oil and gas facilities, which exclude the availability of reserve areas for installation of additional equipment, the most expedient is to modify the existing equipment.

**Keywords:** slugging, multiphase flow, CDS Spiraflow cyclone, gas separators, compressors, gas compression system

**For citation:** Logetskii A. S., Lyamina N. F., Kartoev M.-A. M., Serebryakov A. O. Solving the problem of the cork regime in a multiphase pipeline on the example of the V. Filanovsky field. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;1(88):19–23. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_19](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_19).

При освоении морских месторождений, компании как в России, так и за рубежом, сталкиваются с проблемой пробкообразования в мультифазных трубопроводах. В потоке газожидкостной смеси при определённых термобарических условиях могут образовываться колебания, негативно влияющие на нормальную транспортировку пластовой продукции. Ввиду специфики транспортировки (протяжённые подводные участки, наличие вертикальных участков и т.д.) в потоке газожидкостной смеси образуются газовые и жидкостные пробки. Также на режим потока влияет запуск очистных и диагностических снарядов (рис. 1). Колебания потока и скачки давления в трубопроводах создают проблемы в работе установок для подготовки скважинной продукции, а именно:

- изменения уровня подготавливаемого флюида могут привести к остановке процесса, если уровень будет выше или ниже рабочих пределов;
- большие колебания уровня воды приводят к плохой сепарации нефти от воды;
- непостоянство нефтяного потока при выходе из сепаратора приводит к неверным фискальным замерам расхода;
- колебания потока воды снижают производительность гидроциклонов;
- непостоянный расход газа на выходе из сепараторов приводит к нарушениям в системе сжатия газа.

Отсутствие стабильного режима может привести как к внештатным, так и к аварийным ситуациям, в том числе и к полному останову технологического процесса. Также это способствует нарушению работы технологического режима УПН (установки подготовки нефти), УПВ (установки подготовки пластовой воды), УПГ (установки подготовки газа), что в свою очередь может привести как к несоблюдению требований к качеству товарной нефти и газа, так и снизить ресурс технологического оборудования.

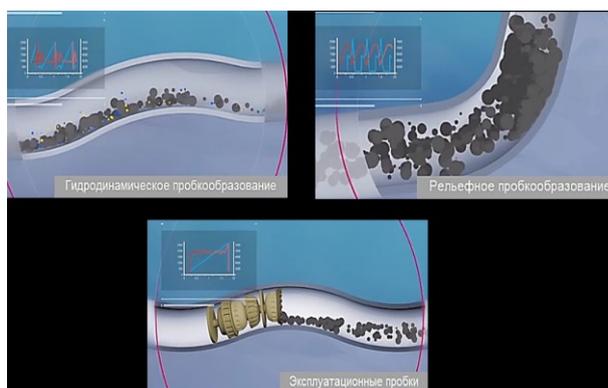


Рисунок 1 – Виды пробкообразования

Наличие пробок в мультифазном потоке на входе, приводит к колебанию уровней в сепараторах на УПН, что в свою очередь является причиной неполного дегазирования потока и капельного уноса жидкости в систему компримирования [4]. Значительный объём жидкой фазы в газовом потоке на выходе из сепараторов негативно влияет на компрессорное оборудование, а именно способствует отложению углеводородов на проточных элементах агрегатов. Также данный факт является причиной коррозионного износа оборудования (рис. 2).



Рисунок 2 – Износ компрессорного оборудования

Для этих целей на ЦТП месторождения имени В. Филановского были предусмотрены газовые сепараторы перед каждой ступенью компримирования, но при пиковых значениях колебаний уровней в сепараторах 1, 2, 3 ступеней сепарации, они не обеспечивают полноценную очистку потока от жидкости перед входом на компрессор (рис. 3) [1].

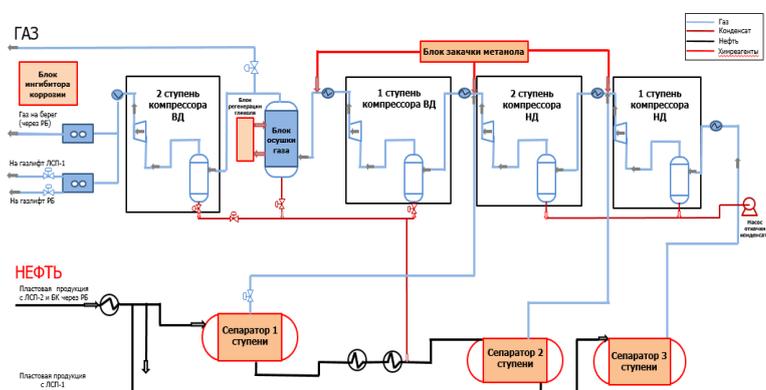


Рисунок 3 – Технологическая схема ЦТП месторождения им. В. Филановского

С целью исключения попадания жидкой фазы в компрессоры предлагается дооборудовать существующие газосепараторы на входе системы компримирования внутренними устройствами, т.к. существующая компоновка внутренних устройств газосепараторов не предназначена для полноценного отделения жидкости при моментальном увеличении расхода жидкой фазы в газовом потоке. На основании анализа существующих мировых технологий было определено наиболее рациональное решение – установка каплеотбойного устройства типа Spiraflo, которое обеспечивает удаление 99,9 % жидкости в потоке газа (рис. 4).



Рисунок 4 – Установка внутреннего устройства Spiraflo в газовый сепаратор

Внутреннее устройство Spiraflo представляет собой набор мини циклонов, которые обеспечивают высокую степень сепарации капель жидкости малого размера при любых значениях рабочего давления [1]. Циклоны создают центробежные силы во входящем газовом потоке, содержащем капли, пропуская его через стационарный вихревой элемент (1), расположенный перед основной камерой циклона (2). Прямые отверстия (3) позволяют захваченной плёнке жидкости вместе с небольшим количеством продувочного газа проходить в корпус циклона. Продувочный газ возвращается обратно через рециркуляционную трубу (4) в центр неподвижного вихревого элемента и повторно впрыскивается через наконечник (5) в радиальном направлении, что обеспечивает очистку вторичного газового потока (рис. 5). Циклоны смонтированы в корпусе, оборудованном сливными стаканами для эффективного удаления захваченной жидкости из корпуса циклона и подачи её в нижнюю часть газосепаратора для удаления.

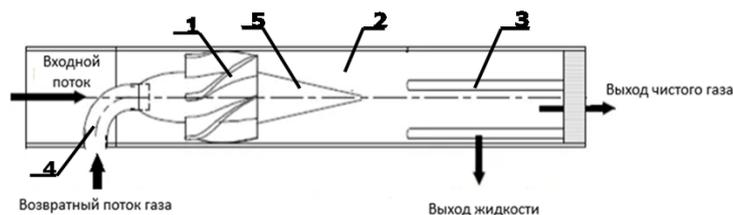


Рисунок 5 – Принцип работы CDS Spiraflo

Таким образом, циклоны CDS Spiraflo увеличивают производительность существующих сепараторов по газу и жидкости, минимизируют занимаемую площадь, снижают стоимость новых ёмкостей, из-за высоких скоростей газа циклон, выпускные щели и рециркуляционная трубка нечувствительны к загрязнению и имеют малый перепад давления.

Предложенная технология позволит избежать ряд существующих проблем при эксплуатации морских месторождений, а именно [1]:

- снизить риск внештатного останова технологического оборудования;
- оптимизировать операционные затраты в части текущих и плановых ремонтов компрессорного оборудования;
- снизить влияние коррозионного износа на систему компримирования;
- получить дополнительную прибыль от реализации жидких углеводородов, которые ранее осаждались на проточных агрегатах компрессорного оборудования.

#### Список источников

1. Логецкий А. С., Лямина Н. Ф., Картоев М.-А. М. Снижение негативного влияния пробкового режима течения в мультифазном трубопроводе на технологическое оборудование системы компримирования газа на ЦТП месторождения имени В. Филановского. Астрахань: Изд-во Астраханский государственный технический университет. 2022. С. 51–54.
2. Mona Trick. Slugging in Pipelines: What You NEED to Know.
3. Godhavn J.-M., Strand S., Skofteland G. Increased oil production by advanced control of receiving facilities.
4. Slugging in Pipelines: What You NEED to Know / Mona Trick.
5. Subsea Engineering Handbook: Yong Bai, Qiang Bai, 2010.
6. Modelling and Optimization of Compact Sub-sea Separators Fahad Matovu Trondheim, June 9, 2015.

#### References

1. Logetsii A. S., Lyamina N. F., Kartoev M.-A. M. Reducing the negative impact of slugging in the multiphase pipeline on the process equipment of the gas compression system at the V. Filanovsky field processing platform. Astrakhan: Publisher Astrakhan State Technical University; 2022:51–54. (In Russ.).
2. Mona Trick. Slugging in Pipelines: What You NEED to Know.
3. Godhavn J.-M., Strand S., Skofteland G. Increased oil production by advanced control of receiving facilities.
4. Mona Trick. Slugging in Pipelines: What You NEED to Know.
5. Subsea Engineering Handbook: Yong Bai, Qiang Bai, 2010.
6. Modelling and Optimization of Compact Sub-sea Separators Fahad Matovu Trondheim, June 9, 2015.

#### Информация об авторах

Логецкий А. С. – ведущий инженер отдела управления проектами ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»;

Лямина Н. Ф. – доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;

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

Серебряков А. О. – доцент кафедры «Промысловая геология, гидрогеология и геохимия горючих ископаемых».

Information about the authors

Logetskii A. S. – lead Engineer, Project management department, OOO LUKOIL-Nizhnevolzhskneft;  
Lyamina N. F. – Associate Professor of the Department of Development and Operation of Oil  
and Gas Fields;

Kartoev M.-A. M. – student of the Department of Development and Operation of Oil and Gas  
Fields;

Serebryakov A. O. – Associate Professor of the Department «Commercial Geology, Hydrogeology  
and Geochemistry of combustible minerals».

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 15.11.2022; одобрена после рецензирования 12.12.2022; при-  
нята к публикации 11.01.2023.

The article was submitted 15.11.2022; approved after reviewing 12.12.2022; accepted for publi-  
cation 11.01.2023.

*Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 24–27.*  
*Geology, geography and global energy. 2023;1(88):24–27. (In Russ.).*

Научная статья  
УДК 665.7.03  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_24

### **ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ПРИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВЫСОКОВЯЗКИМИ НЕФТЯМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ**

Абуталиева Ильмира Растямовна<sup>1✉</sup>, Жалбусинова Асима Ерсайиновна<sup>2</sup>,  
Журавлев Геннадий Иванович<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия  
<sup>1</sup>ilmira171279@mail.ru✉  
<sup>2</sup>zhalbusinova.asima@gmail.com  
<sup>3</sup>tjuravleva2010@yandex.ru

**Аннотация.** На сегодняшний день разработка современных способов добычи высоковязкой нефти является актуальным вопросом в нефтегазовой отрасли. В Российской Федерации существует большое количество месторождений тяжёлой нефти с подтверждёнными извлекаемыми запасами в миллионах тонн. Одним из относительно новых способов является применение наночастиц в методах увеличения нефтеотдачи и добычи сверхвязких нефтей. Применение нанотехнологий в областях нефтяной промышленности в последнее время привлекло к себе много внимания. В работах разных учёных наблюдается актуальность использования металлических наночастиц в разработке месторождений с тяжёлой высоковязкой нефтью.

**Ключевые слова:** высоковязкая нефть, наночастицы, повышение нефтеотдачи

**Для цитирования:** Абуталиева И. Р., Жалбусинова А. Е., Журавлев Г. И. Применение наночастиц при разработке месторождений с высоковязкими нефтями для повышения нефтеотдачи // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 24–27. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_24](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_24).

### **APPLICATION OF NANOPARTICLES IN THE DEVELOPMENT OF DEPOSITS WITH HIGH-VISCOSITY OILS TO INCREASE OIL RECOVERY**

Ilmira R. Abutalievna<sup>1✉</sup>, Asima E. Zhalbusinova<sup>2</sup>, Gennady I. Zhuravlev<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia  
<sup>1</sup>ilmira171279@mail.ru✉  
<sup>2</sup>zhalbusinova.asima@gmail.com  
<sup>3</sup>tjuravleva2010@yandex.ru

**Abstract.** To date, the development of modern methods of extraction of high-viscosity oil is an urgent issue in the oil and gas industry. There are a large number of heavy oil fields in the Russian Federation with proven recoverable reserves in millions of tons. One of the relatively new methods is the use of nanoparticles in methods of increasing oil recovery and extraction of ultra-viscous oils. The use of nanotechnology in the oil industry has recently attracted a lot of attention. In the works of various scientists, we can observe the relevance of the use of metal nanoparticles in the development of deposits with heavy high-viscosity oil.

**Keywords:** high-viscosity oil, nanoparticles, enhanced oil recovery

**For citation:** Abutalievna I. R., Zhalbusinova A. E., Zhuravlev G. I. Application of nanoparticles in the development of deposits with high-viscosity oils to increase oil recovery. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):24–27. (In Russ.). [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_24](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_24).

Нанотехнология как новаторская область знаний превалировала в различных отраслях науки. Высокое отношение площади поверхности к массе, малый размер наночастиц, особые химические и физические свойства и различная морфология частиц – вот некоторые положительные моменты нанотехнологии.

Нефтяное дело, как и другие отрасли промышленности, должно обновляться с учётом достижений науки и техники. Возможности наночастиц для целей МУН – интересная тема для исследователей и экспертов в вопросе повышения нефтеотдачи. В среднем 30–50 % первоначального запаса нефти может быть добыто благодаря естественной энергии пласта. Большое

---

© Абуталиева И. Р., Жалбусинова А. Е., Журавлев Г. И., 2023

количество оставшейся нефти иллюстрирует ключевую роль процедур методов увеличения нефтеотдачи для получения максимально возможного притока от нефтяного пласта. Поддержание давления, улучшение подвижности пластовых жидкостей и добыча захваченной нефти известны как основные цели МУН. Обычно закачка воды и газа является классическим методом. Эти операции называются вторичными методами и выполняются для поддержания давления в резервуарах. Учитывая состояние пласта и количество захваченной нефти после закачки воды или газа, в пласт могут быть закачаны химические реагенты или вода с низкой минерализацией. Поскольку эти методы используются после закачки воды или газа, они называются третичными методами или химическими МУН.

Химические методы в основном используются для снижения поверхностного натяжения (далее – СПН), изменения смачиваемости и повышения коэффициента охвата вытеснения нефти за счёт контроля подвижности. СПН является важным фактором для получения смешиваемого вытеснения, для этого необходимо добиться значительного снижения поверхностного натяжения. С другой стороны, естественная смачиваемость пород-коллекторов обычно является нефтяной. Для получения большего количества нефти предпочтительны условия увлажнения водой и нейтральной влажности. Кроме того, ранний прорыв из-за вязкого вспенивания является ограничением для МУН. Некоторые методы используются для предотвращения этого явления с помощью контроля подвижности. Приготовление полимеров, приготовление поверхностно-активных веществ, приготовление пены и введение низкоминерализованных вод являются наиболее распространёнными методами увеличения нефтеотдачи (рис. 1).

Как раз таки эти методы можно усовершенствовать, используя наночастицы металлов. Их использование при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми ресурсами обусловлено, как указано выше, малыми размерами частиц. Это даёт нам преимущество за счёт большой удельной поверхности соприкосновения и способности проникать в поры породы и проводить там реакции. Также следует отметить, что данный способ является более выгодным, если сравнивать с методом парогравитационного дренажа, в котором используются водяной пар и водород, требующий поддержания довольно высоких температур и давлений внутри пласта.

Для использования наночастиц мы можем применить другой транспортирующий агент, а также поддерживать температуру в пласте за счёт экзотермических реакций при взаимодействии наночастиц и вязкой нефти.

В настоящий момент мы имеем следующее представление о поведении наночастиц в пласте:

- наночастицы проникают в пористую структуру за счёт транспортирующего агента (возможно использование разных растворов, газойлей и т.д.);
- благодаря большой удельной поверхности соприкосновения происходит адсорбция наночастиц на породе, соответственно, меняется смачиваемость породы;
- пористая структура, ранее гидрофобная, из-за изменений поверхности смачивания, становится гидрофильной, что приводит к вытеснению тяжёлой нефти.

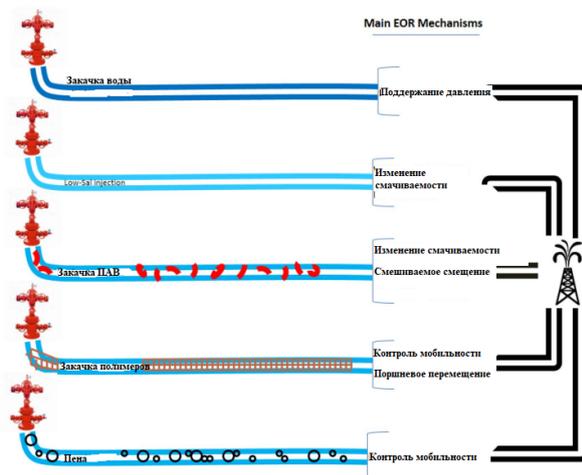


Рисунок 1 – Схема действия различных МУН

Наночастицы, имеющие катализирующий эффект, разрывают углеродные связи, тем самым мы получаем маловязкие нефти, а также происходит разрыв связи между углеродом и серой,

вследствие чего усиливается реакция десульфуризации. Все это способствует повышению конверсии высоковязкой нефти.

Существует несколько методов синтеза наночастиц:

- физический: разложение сыпучих материалов в наночастицы путём фрезерования и шлифования (довольно дорогостоящий метод);
- биологический: на сегодняшний день малоизучен;
- химический: метод микроэмульсий – самый распространённый, универсальный и выгодный метод синтеза.

В статье рассмотрены возможности применения нанотехнологий для увеличения нефтеотдачи и добычи тяжёлых нефтей для перспективного развития нефтяной промышленности в целом. Для повсеместного применения этого метода необходимо создать и развить финансово- и технически выгодные способы приготовления и эксплуатации наночастиц, а также провести более подробные опытно-промышленные работы.

#### Список источников

1. Муслимов Р. Х. Особенности разведки и разработки месторождений нетрадиционных углеводородов. Казань: «ПИК "Идел-Пресс"», 2–3 сентября. 2015. С. 221–224.
2. Грачев И. Д. URL: <http://www.ecovestnik.ru/index.php/2013-07-07-02-13-50/nashi-publikacii/2060-vysokovyazkie-nefti-iprirodnye-bitumy-problemy-i-povyshenie-effektivnostirazvedki-i-razrabotki-mestorozhdenij>.
3. Akhmetgareev V., Khisamov R., Bedrikovetsky P., Khakimov S. EOR by water injection with nanoparticles into a carbonate oil reservoir. In: 81st EAGE Conference and exhibition 2019. European association of geoscientists and engineers. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201900963>.
4. AlYousef Z., Ayirala S., Gizzatov A., Kokal S. Evaluating foam stability using tailored water chemistry for gas mobility control applications. J Pet Sci Eng 195:107532. 2020. URL: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107532>.
5. Bashir Abdullahi M, Rajaei K, Junin R, Bayat A. E. Appraising the impact of metal-oxide nanoparticles on rheological properties of HPAM in diferent electrolyte solutions for enhanced oil recovery. J Pet Sci Eng 172:1057–1068. URL: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.09.013>.
6. Khademolhosseini R., Jafari A., Mousavi S. M., Manteghian M., Fakhroueian Z. Synthesis of silica nanoparticles with diferent morphologies and their effects on enhanced oil recovery. Appl Nanosci. 2020;10:1105–1114. URL: <https://doi.org/10.1007/s13204-019-01222-y>.

#### References

1. Muslimov R. H. Features of exploration and development of deposits of unconventional hydrocarbons. Kazan: publishing house «PEAK "Idel-Press"», September 2–3, 2015:221–224. (In Russ.)
2. Grachev I. D. Available at: <http://www.ecovestnik.ru/index.php/2013-07-07-02-13-50/nashipublikacii/2060-vysokovyazkie-nefti-iprirodnye-bitumy-problemy-i-povyshenie-effektivnostirazvedki-i-razrabotki-mestorozhdenij>. (In Russ.)
3. Akhmetgareev V, Khisamov R, Bedrikovetsky P, Khakimov S. EOR by water injection with nanoparticles into a carbonate oil reservoir. In: 81st EAGE Conference and exhibition 2019. European association of geoscientists and engineers. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201900963>.
4. AlYousef Z., Ayirala S., Gizzatov A., Kokal S. Evaluating foam stability using tailored water chemistry for gas mobility control applications. J Pet Sci Eng 2020;195:107532. URL: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107532>.
5. Bashir Abdullahi M, Rajaei K, Junin R, Bayat AE (2019) Appraising the impact of metal-oxide nanoparticles on rheological properties of HPAM in diferent electrolyte solutions for enhanced oil recovery. J Pet Sci Eng 172:1057–1068. URL: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.09.013>.
6. Khademolhosseini R., Jafari A., Mousavi S. M., Manteghian M., Fakhroueian Z. Synthesis of silica nanoparticles with diferent morphologies and their effects on enhanced oil recovery. Appl Nanosci. 2020;10:1105–1114. URL: <https://doi.org/10.1007/s13204-019-01222-y>.

#### Информация об авторах

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

Жалбусинова А. Е. – магистр 2-го года обучения кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;

Журавлев Г. И. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Information about the authors

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

Zhalbusinova A. E. – 2nd year Master's degree of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields;

Zhuravlev G. I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields.

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 07.12.2022; одобрена после рецензирования 16.01.2023; принята к публикации 06.02.2023.

The article was submitted 07.12.2022; approved after reviewing 16.01.2023; accepted for publication 06.02.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (86). С. 28–34.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):28–34. (In Russ.)

Научная статья  
УДК 551.311.231:552.3(470.56)  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_28

### МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ

Куделина Инна Витальевна<sup>1</sup>, Леонтьева Татьяна Васильевна<sup>2</sup>✉  
<sup>1,2</sup>Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия  
<sup>1</sup>kudelina.inna@mail.ru  
<sup>2</sup>tvleon@mail.ru✉

**Аннотация.** Изучение кор выветривания имеет теоретический и практический интерес, так как они играют огромную роль в формировании осадочной оболочки Земли и служат источником целого ряда полезных ископаемых. Целью исследования является изучение минералого-геохимические особенности коры выветривания гранитоидов Восточного Оренбуржья и прогноз проведения поисковых работ на некоторые виды полезных ископаемых. Методический подход включает изучение минералого-геохимического состава отложений в связи с неотектоническими движениями. В результате исследований выделены глинисто-гидроslюдистый, глинистый (охристо-глинистый), гидроslюдистый и латеритный профили выветривания. В исследуемом регионе выветривание достигло аллитной стадии только в конце олигоцена. Следовательно, поиски бокситов должны быть сосредоточены в областях молодого карста. Формирование глинистого профиля выветривания за счёт переработки глинисто-гидроslюдистого относится ко второй половине неогена, следовательно, поиски каолинитов должны вестись в участках, для которых доказаны движения положительного знака в неогене.

**Ключевые слова:** кора выветривания, гранитный массив, профиль выветривания, микроэлементы

**Для цитирования:** Куделина И. В., Леонтьева Т. В. Минералого-геохимические особенности коры выветривания гранитоидов восточного Оренбуржья // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 28–34. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_28](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_28).

### MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE WEATHERING CRUST OF THE GRANITOIDS OF THE EASTERN ORENBURG REGION

Inna V. Kudelina<sup>1</sup>, Tatiana V. Leonteva<sup>2</sup>✉  
<sup>1,2</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russia  
<sup>1</sup>kudelina.inna@mail.ru  
<sup>2</sup>tvleon@mail.ru✉

**Abstract.** The study of weathering crusts is of theoretical and practical interest, since they play a huge role in the formation of the sedimentary shell of the Earth and serve as a source of a number of minerals. The purpose of the study is to study the mineralogical and geochemical features of the weathering crust of the granitoids of the Eastern Orenburg region and the forecast of prospecting for some types of minerals. The methodological approach includes the study of the mineral and geochemical composition of sediments in connection with neotectonic movements. As a result of the research, clay-hydrosludic, clay (ochre-clay), hydrosludic and laterite weathering profiles were identified. In the studied region, weathering reached the allitic stage only at the end of the Oligocene. Consequently, the search for bauxite should be concentrated in the areas of the young karst. The formation of a clay weathering profile due to the processing of clay-hydrosludic refers to the second half of the Neogene, therefore, the search for kaolinites should be conducted in areas for which the movements of a positive sign in the Neogene have been proven.

**Keywords:** weathering crust, granite massif, weathering profile, trace elements

**For citation:** Kudelina I. V., Leontieva T. V. Mineralogical and geochemical features of the weathering crust of granitoids of the Eastern Orenburg region. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):28–34. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_28](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_28).

Изучением эпох образования кор выветривания на территории РФ и Южного Урала занимались такие учёные как И. П. Герасимов, А. В. Сидоренко, В. А. Гуцаки, В. В. Гудошников и др. [1, 2]. В работах проведён анализ процессов выравнивания и корообразования в протерозое и палеозое, а также выделены триасюрский, мел-палеогеновый, палеогеновый, олигоценмиоценовый, миоцен-плиоценовый и позднеплейстоцен-раннеплейстоценовый этапы выравнивания и корообразования, сделаны попытки выяснения возраста коры выветривания на базе минералогического изучения состава отложений и анализа формирования рельефа [3, 4].

Исследуемый район располагается складчатой области Восточного Оренбуржья в южной части Урало-Тобольского междуречья.

В геоморфологическом отношении занимает промежуточное положение между южной частью восточного склона Южного Урала и восточным склоном Северных Мугоджар. Современный облик рельефа явился результатом тектонических движений в мезо-кайнозойское время, нарушивших древний пенеплен.

Площадная кора выветривания в районе исследований развита повсеместно, за исключением районов интенсивного проявления неотектонических процессов на приречных участках. Кора выветривания площадного типа связана постепенными переходами с корой трещинно-линейного типа. Чётко выраженная кора трещинно-линейного типа отмечается в зонах региональных разломов [5, 6] (рис. 1).

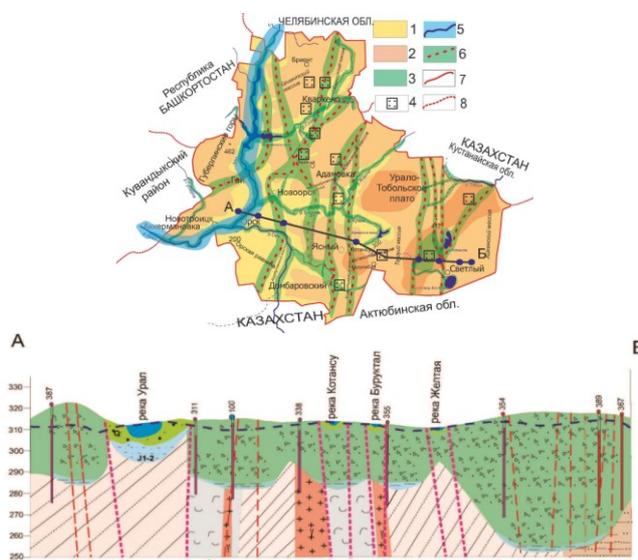


Рисунок 1 – Схематическая карта и разрез развития мезозойской коры выветривания Восточного Оренбуржья (по данным В. А. Гуцаки составили А. Я. Гаев и Т. В. Леонтьева). Мощность коры в метрах: 1 – до 10; 2 – 10–30; 3 – 30–50. Виды коры: 4 – прогнозная площадного типа; Линейная кора выветривания: 5 – подрусловая в долине Урала; 6 – прогнозная в трещинных зонах неотектонических нарушений земной коры; 7 – границы: территории; 8 – РФ и Казахстана

#### Материалы и методы исследований.

В ходе исследований проведён анализ и обобщение материалов полевых работ, фондов геологических организаций, а также литературных источников. Методический подход включает изучение минералого-геохимического состава отложений в связи с неотектоническими движениями.

#### Кора выветривания кислых пород.

Кора выветривания пород гранитного ряда по площади распространения занимает одно из первых мест в изучаемом регионе. За немногим исключением она перекрывает все крупные гранитные массивы и участки развития пород гнейсовой полосы (гранитные массивы Тикбутаковский, Котансуйский, Джабыгасайский, Адамовский, Суундукский и др.)

Следует отметить, что в структурном отношении положение всех крупных гранитных массивов (исключая Бриентский), почти идентично – они расположены в ядрах древних антиклинальных структур, т.е. в областях с довольно устойчивой тенденцией к положительным движениям. По всей видимости, этим и следует объяснить относительное единообразие профилей выветривания гранитов на востоке Оренбуржья.

Современной эрозией вскрываются различные горизонты коры, начиная от зоны конечных продуктов разложения и кончая зоной дезинтеграции. Наиболее часто на дневную поверхность выходят породы промежуточных зон, главным образом, зоны разложения, представленные довольно чистыми слабо обохренными каолинитово-гидрослюдистыми разностями, окрашенными в светлые тона. В участках, где отмечается зона конечных продуктов разложения, преобладают желтовато-бурые тона, обусловленные присутствием гидрогётита.

Макроскопически эти породы представляют собой довольно рыхлую массу, жирную на ощупь, обычно с незначительным содержанием песчаного материала, часто довольно слюдитую, что придаёт породам своеобразный блеск.

Несмотря на внешнее разнообразие минералогического состава горизонтов коры выветривания, выведенных на поверхность, все встреченные разновидности профилей можно свести к трём крупным группам.

По многочисленным данным скважин механического бурения, горных выработок и наземных маршрутов удалось выделить три типа профилей выветривания: существенно-глинистый, глинисто-гидрослюдистый и гидрослюдистый.

Самым широким распространением пользуется **глинисто-гидрослюдистый профиль** выветривания гранитов. Он отмечается на большей части Суундукского, Адамовского, Джабыгасайского, Котансуйского, части Тикбутакского и др. гранитных массивов.

В зонах интенсивных молодых поднятий этот профиль представлен своими самыми нижними горизонтами – дресвяными, дезинтегрированными образованиями, в остальных районах на поверхность выходят глинисто-гидрослюдистые иногда слабо обохренные породы.

Минералогический состав коры выветривания пород гранитного ряда глинисто-гидрослюдистого профиля варьирует в самых широких пределах, подчиняясь общей закономерности – резкому преобладанию глинистых частиц в верхних зонах и довольно низкому содержанию песчаной фракции в нижних [7]. Главную роль играют частицы с размером от 0,1 до 0,001 мм, составляют до 60 % породы (рис. 2).

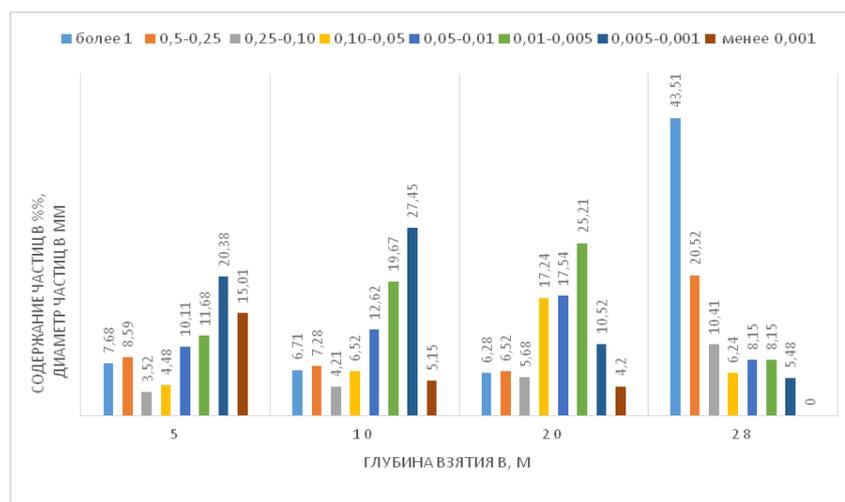


Рисунок 2 – Механический состав пород глинисто-гидрослюдистого горизонта коры выветривания пород гранитного ряда

Содержания микроэлементов снизу вверх по разрезу профиля изменяется закономерно. Большинство малых элементов, за исключением меди и свинца, проявляют чёткую тенденцию к относительной концентрации в глинисто-гидрослюдистом горизонте данного профиля выветривания, что, по всей вероятности, связано с сорбционной способностью глинистых минералов, которая наиболее чётко проявляется в зонах, смежных с районами молодых поднятий [8, 9]. Здесь в результате позднейшей инфильтрации в глинах коры выветривания наблюдаются аномально-высокие для данного района содержания ряда микроэлементов. Это в первую очередь относится к Zn – 0,012 %, Bi – 0,009 %, Mo – 0,01 % и, отчасти, Be – до 0,2 % и Sc – 0,05 %. Как правило, в таких участках эти микроэлементы не имеют генетической связи с подстилающими породами и, в большинстве случаев, их нахождение в металлотрических пробах не может служить прямым поисковым признаком.

Несколько иная картина поведения микроэлементов наблюдается в существенно глинистом профиле выветривания гранитов.

**Существенно глинистая** кора выветривания кислых пород на востоке Оренбуржья отмечается лишь в блоках с чётко фиксируемыми положительными движениями, протекавшими с конца миоценового времени.

В одном из таких блоков расположен Бриентский массив, кора выветривания на котором изучена наиболее полно.

Здесь сверху вниз вскрывается снежно-белый каолинит с незначительной примесью гидрослюды, количество которой с глубиной несколько возрастает, достигая 10–12 %. Мощность 15–20 м.

Глинистая зона довольно резко переходит в слабо выветрелую дресвяную породу зоны дезинтеграции с аномально высокой мощностью, достигающей 15–17 м.

В глинистой зоне, по данным иммерсионного анализа, существуют следующие взаимоотношения между породообразующими минералами (рис. 3).

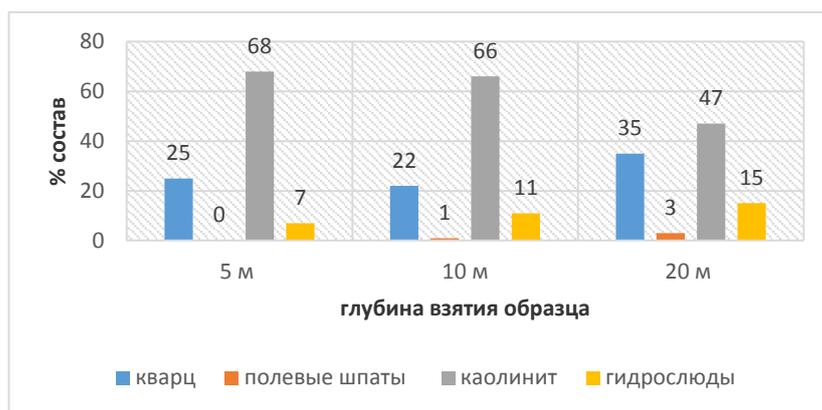


Рисунок 3 – Соотношение породообразующих минералов в глинистой коре выветривания гранитов

Кварц представляет собой обломки зёрен и целые зёрна материнской породы, слабо тресканные, по трещинкам изъеденные глинистым минералом. Он концентрируется, главным образом, во фракциях с размером зёрен более 0,1 мм. Зёрна кварца часто содержат микроворстки циркона и реже – удлинённые игольчатые ворстки нацело разложенного апатита.

Полевые шпаты представляют собой мелкие 0,1–0,05 мм зёрнышки, сильно изменённые, почти изотропные с обилием микроворстков гидратированного серицита. Их форма овальная, реже – округлая, по-видимому, это ядра крупных зёрен плагиоклаза материнской породы.

Каолинит, составляющий основную массу породы, представлен агрегатным веществом, отдельными червеобразными кристаллами и полными псевдоморфозами по гидрослюде, представляющими собой концентрический агрегат изогнутых микрокристаллов. Часто такие агрегаты содержат участки ещё не переработанной гидрослюды: количество смешанных каолинит-гидрослюдистых агрегатов с глубиной несколько увеличивается.

Этот тип профиля выветривания по поведению микроэлементов во многом отличается от глинисто-гидрослюдистого профиля. Основное отличие сводится к следующему: в глинистой зоне не наблюдается сколько-нибудь заметного повышения концентрации малых элементов. Сам глинистый минерал, представленный чистым каолинитом, обладает наименьшей из всех глинистых минералов сорбционной способностью, а положение этих участков в древнем и современном рельефе (районы молодых поднятий) не создавало условий для сколько-нибудь заметного проявления инфильтрационных процессов. Содержание большинства микроэлементов в глинистой зоне глинистого профиля выветривания гранитов, в большинстве случаев, много меньше кларкового и заметно меньше, чем в материнской породе. Исключение составляют лишь микроэлементы, присутствующие в устойчивых минералах материнской породы.

**Гидрослюдистый профиль** коры выветривания гранитов имеет ограниченное распространение. Он приурочен к районам с выраженной тенденцией к поднятию в неоген-нижнечетвертичное время. Преобладающие минералы располагаются в породе в следующих количествах (рис. 4):

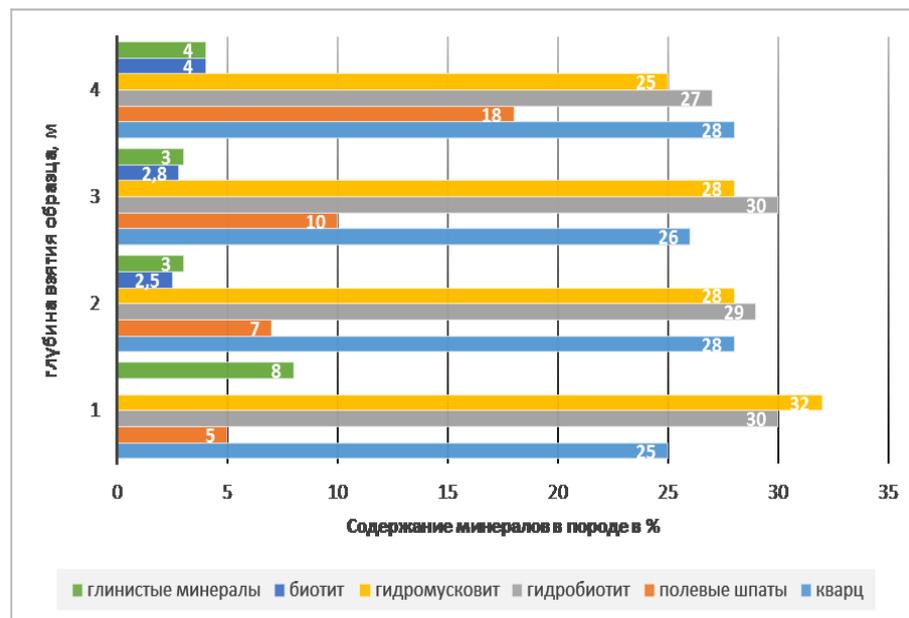


Рисунок 4 – Соотношение породообразующих минералов в гидрослюдистой коре выветривания гранитов

Как видно из диаграммы, валовый минералогический состав коры выветривания довольно постоянен.

Однородность каолинита по разрезу, отсутствие собственного гидрослюдистого горизонта, характерного для основной массы гранитов.

Для гидрослюдистого профиля выветривания характерна почти полная сохранность акцессорных минералов материнской породы и идентичен набор микроэлементов. Заметно снижается лишь содержание Cu (0,098–0,020), Sr (0,043–0,022 %), Li, Ru, Cs (0,020 до 0,0002 %). Чёткую тенденцию к рассеянию в этом профиле выветривания проявляет лишь Mo, Zn, Sr, Cu и Ba содержащиеся либо в нестойких полевых шпатах, либо в сульфидах. Остальные микроэлементы не выносятся из породы, а такие как Ti, Cr, Ga, содержащиеся в весьма стойких минералах (циркон, ильменит, монацит) обнаруживают тенденцию к накоплению. Немного увеличивается содержание кобальта, связанного с марганцевыми охрами.

Эта картина поведения микроэлементов служит косвенным доказательством молодости гидрослюдистого профиля выветривания, относительной кратковременности его формирования, в результате чего даже при очень благоприятных значениях щёлочности среды и отсутствии хороших сорбентов в составе коры выветривания набор и содержание большинства микроэлементов остаётся очень близким к таковым в материнской породе.

Таким образом, в коре выветривания гранитов чётко выделяется три типа профилей выветривания.

В первом, имеющем наибольшее распространение, глинисто-гидрослюдистом, основную часть разреза занимает глинисто-гидрослюдистая зона, в составе которой доминируют калина-тровые пересыщенные гидроксонием гидрослюды. Глинистый горизонт и зона дезинтеграции маломощны, существенно глинистый горизонт часто выпадает из разреза.

Для глинистого, каолинитового профиля выветривания характерно почти полное выпадение из разреза гидрослюдистого горизонта, и аномально высокая мощность зоны дезинтеграции.

Существенно гидрослюдистый профиль выветривания встречен лишь на западной окраине Суундукского гранитного массива, где в разрезе доминирующее значение имеют калиевые гидрослюды. В разрезе нет чётко выраженной зоны дезинтеграции и какого-либо обогащения верхней зоны глинистым минералом.

#### Выводы

Анализ минералогического состава и геохимических особенностей продуктов выветривания различных пород позволил выделить глинисто-гидрослюдистый, глинистый (охристо-глинистый), гидрослюдистый и латеритный профили выветривания. В Восточном Оренбуржье процессы корообразования охватывают вторую половину мезозойского и всё кайнозойское время. В исследуемом регионе выветривание достигло аллитной стадии только в конце олигоцена. Следовательно, поиски бокситов должны быть сосредоточены в областях молодого карста.

Формирование глинистого профиля выветривания за счёт переработки глинисто-гидролюди-стого относится ко второй половине неогена, следовательно, поиски каолинитов должны вести-сь в участках, для которых доказаны движения положительного знака в неогене.

Основные особенности распределения микроэлементов в коре выветривания гранитов Во-сточного Оренбуржья сводятся к следующему:

1. Набор микроэлементов в продуктах гипергенной переработки гранитов достаточно велик и в общих чертах отвечает составу материнской породы.

2. По поведению в коре выветривания микроэлементы распределяются на три группы: а) относительно стабильные – Pb, Sn, V, Cr; б) элементы с чёткой тенденцией к рассеянию – Sr, Ba, Cu, Bi, Li, Rb и Cs; в) элементы, накапливающиеся в коре выветривания гранитов – Ti, Be, Cr, Zr, Au.

3. Степень концентрации микроэлементов зависит от следующих факторов: а) зрелости профиля выветривания – верхние горизонты наиболее зрелой коры выветривания, как правило, обеднены микроэлементами. Так древние охры и каолиниты практически стерильны от боль-шинства микроэлементов материнской породы; б) типа глинистого минерала в коре выветрива-ния, наиболее богата микроэлементами кора выветривания, в которой присутствует глинистый минерал с высокой сорбционной способностью – монтмориллонит; в) положения данного участка в современном рельефе, которое обеспечивает дренирование коры выветривания мине-рализованными грунтовыми водами.

Исходя из этих положений, наиболее перспективными на обнаружение повышенных кон-центраций микроэлементов являются участки глинистой коры выветривания на склонах моло-дых поднятий и в карманообразных понижениях четвертичного приречного мелкосопочника.

#### **Список источников**

1. Гуцаки В. А., Гудошников В. В. Кора выветривания Орского Зауралья. Саратов: НИИ геологии при госун-те. 1963. 281 с.

2. Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР / Под ред. И. П. Герасимова и А. В. Сидоренко. Москва: «Недра», 1974. 444 с.

3. Матреничев В. А., Климова Е. В. Экспериментальное моделирование условий формиро-вания докембрийских кор выветривания. Особенности дренажных растворов и перераспреде-ление лантаноидов в гипергенном профиле // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2017. Т. 62. Вып. 4. С. 389–408. URL: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2017.405>.

4. Евзеров В. Я. Кору выветривания и приуроченные к ним полезные ископаемые Карело-Кольского региона // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2019. № 3. С. 45–54. URL: <https://doi.org/10.17308/geology.2019.3/1811>.

5. Ковешников А. Е., Недоливко Н. М. Кору выветривания доюрских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия ТПУ. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kory-vyvetrivaniya-doyurskih-otlozheniy-zapadno-sibirskoy-geosineklizy> (дата обращения: 21.09.2022).

6. Бадьянова И. В., Осовецкий Б. М. Процессы природной амальгамации в корях выветри-вания на черносланцевых толщах // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12841> (дата обращения: 21.09.2022).

7. Черняхов В. Б., Куделина И. В., Фатюнина М. В., Леонтьева Т. В. Геохимическая харак-теристика кор выветривания и четвертичных отложений Весеннего медно-колчеданного место-рождения // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и куль-туры: Мат. ВНК с междунар. участием. Оренбург: ОГУ, 2016. С. 1000–1003.

8. Черняхов В. Б., Куделина И. В., Фатюнина М. В., Леонтьева Т. В. Минералогические и хи-мические особенности кор выветривания по основным породам Весеннего медноколчеданного ме-сторождения // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и куль-туры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., 3–5 февр. 2016 г., Оренбург // М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Орен-бург. гос. ун-т». Электрон. дан. Оренбург: ОГУ, 2016. С. 1004–1010.

9. Черняхов В. Б., Куделина И. В., Фатюнина М. В., Леонтьева Т. В. Минералого-геохимиче-ская характеристика кор выветривания на Джусинском медноколчеданном месторождении // Уни-верситетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., 30 янв. – 1 февр. 2013 г., Оренбург // М-во образования и науки РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». Электрон. дан. Оренбург: Университет, 2013. С. 892–898.

#### References

1. Gutsaki V. A., Gudoshnikov V. V. Weathering crust of the Orsk Trans-Urals. Saratov: Research Institute of Geology at gosun-te. 1963:281. (In Russ.).
2. Levelling surfaces and weathering crusts on the territory of the USSR. Ed. by I. P. Gerasimov and A. V. Sidorenko. Publishing house Moscow: «Nedra»; 1974:444. (In Russ.).
3. Matrenichev V. A., Klimova E. V. Experimental modeling of conditions for the formation of Precambrian weathering crusts. Features of drainage solutions and redistribution of lanthanides in a hypergenic profile. Bulletin of St. Petersburg State University. Earth sciences. 2017;62;4:389–408. URL: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2017.405>. (In Russ.).
4. Evzerov V. Ya. Weathering crusts and associated minerals of the Karelo-Kola region. Bulletin of the VSU. Series: Geology. 2019;3:45–54. URL: <https://doi.org/10.17308/geology.2019.3/1811>. (In Russ.).
5. Koveshnikov A. E., Nedolivko N. M. Weathering crusts of Pre-Jurassic deposits of the West Siberian geosyncline. Izvestiya TPU. 2012;1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/koryvyvetrivaniya-doyurskih-otlozheniy-z>. (In Russ.).
6. Badyanova I. V., Osovetsky B. M. Processes of natural amalgamation in weathering crusts on black shale strata // Modern problems of science and education. 2014;2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12841> (accessed: 21.09.2022). (In Russ.).
7. Chernyakhov V. B., Kudelina I. V., Fatyunina M. V., Leonteva T. V. Geochemical characteristics of the weathering crust and quaternary deposits of the Spring copper-pyrite deposit. University complex as a regional center of education, Science and Culture: Mat. VNMK with international. participation. Orenburg: OSU; 2016:1000–1003. (In Russ.).
8. Chernyakhov V. B., Kudelina I. V., Fatyunina M. V., Leonteva T. V. Mineralogical and chemical features of the weathering crust on the main rocks of the Spring copper-crust deposit. University complex as a regional center of education, science and culture : materials of the All-Russian Scientific-method. conf., February 3–5, 2016, Orenburg. Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Federation, Federal State budget. educated. the institution is higher. education «Orenburg. state University». Orenburg: OSU; 2016:1004–1010. (In Russ.).
9. Chernyakhov V. B., Kudelina I. V., Fatyunina M. V., Leonteva T. V. Mineralogical and geochemical characteristics of the weathering crust at the Dzhusinsky copper-crust deposit. University complex as a regional center of education, science and culture : materials of the All-Russian Scientific method. conf., 30 Jan.-1 Feb. 2013, Orenburg. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal State Budget. educated. institution of higher Prof. education «Orenburg State University». Orenburg: University; 2013:892–898. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Куделина И. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра;

Леонтьева Т. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра.

#### Information about the authors

Kudelina I. V. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;

Leonteva T. V. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre.

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 17.10.2022; одобрена после рецензирования 17.11.2022; принята к публикации 05.12.2022

The article was submitted 17.10.2022; approved after reviewing 17.11.2022; accepted for publication 05.12.2022.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 35–40.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):35–40. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 665.6  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_35

### СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Лямина Наталья Федоровна<sup>1</sup>✉, Силкина Татьяна Сергеевна<sup>2</sup>, Серебряков Андрей Олегович<sup>3</sup>, Иванов Георгий Андреевич<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

<sup>3</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия

<sup>4</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

<sup>1</sup>nataliagty@mail.ru ✉

<sup>2</sup>silkina\_2002@mail.ru

<sup>3</sup>sereb5@mail.ru

<sup>4</sup>ivanov-georgiy@mail.ru

**Аннотация.** Нефть и газ являются ценными ресурсами, благодаря которым развивается не только топливная промышленность, но и другие сферы. Сжигание попутного нефтяного газа сопровождается выбросом в атмосферу больших объёмов вредных веществ, что влечёт за собой ухудшение состояния окружающей среды, уничтожение невозобновляемых природных ресурсов, развивает негативные общепланетарные процессы, которые крайне отрицательно влияют на климат. Аппараты воздушного охлаждения – это теплообменные аппараты, задачей которых является конденсация жидких, газообразных сред, а также охлаждение газа. При применении аппаратов воздушного охлаждения возникает ряд преимуществ, например, экономия охлаждающей воды и уменьшение количества сточных вод, а также главным преимуществом является сокращение затрат труда на чистку аппарата. Одной из первоочередной задачей решения проблемы утилизации ПНГ является его охлаждение, поскольку это приведёт к понижению вязкости газа, а это в свою очередь уменьшит износ оборудования, понизит гидравлические потери, повысит скорость и обеспечит большую производительность трубопровода. Данная статья освещает разработку модернизированного аппарата воздушного охлаждения и цеха компримирования, поскольку компримирование газа на КС приводит к повышению его температуры и её необходимо уменьшать. В статье рассмотрены основные аппараты воздушного охлаждения, самым распространённым из которых является горизонтальный тип. Предложена система для повышения энергоэффективности и поднятия КПД.

**Ключевые слова:** углеводород, попутный нефтяной газ, аппараты воздушного охлаждения, компримирование, модернизация, КПД

**Для цитирования:** Лямина Н. Ф., Силкина Т. С., Серебряков А. О., Иванов Г. А. Способ повышения энергоэффективности модернизированной конструкции системы охлаждения попутного нефтяного газа // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 35–40. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_35](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_35).

### METHOD FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE UPGRADED DESIGN OF THE ASSOCIATED PETROLEUM GAS COOLING SYSTEM

Natalia F. Lyamina<sup>1</sup>✉, Tatiana S. Silkina<sup>2</sup>, Andrey O. Serebryakov<sup>3</sup>, Georgiy A. Ivanov<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

<sup>3</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

<sup>4</sup>Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

<sup>1</sup>nataliagty@mail.ru ✉

<sup>2</sup>silkina\_2002@mail.ru

<sup>3</sup>sereb5@mail.ru

<sup>4</sup>ivanov-georgiy@mail.ru

**Abstract.** Oil and gas are valuable resources, thanks to which not only the fuel industry, but also other areas are developing. The combustion of associated petroleum gas is accompanied by the release of large volumes of harmful substances into the atmosphere, which leads to the deterioration of the

environment, the destruction of non-renewable natural resources, and develops negative planetary processes that have an extremely negative impact on the climate. Air coolers are heat exchangers whose task is the condensation of liquid, gaseous media, as well as gas cooling. When using air coolers, there are a number of advantages, for example, saving cooling water and reducing the amount of waste water, and the main advantage is the reduction in labor costs for cleaning the device. One of the priority tasks in solving the problem of APG utilization is its cooling, since this will lead to a decrease in gas viscosity, and this, in turn, will reduce equipment wear, reduce hydraulic losses, increase speed and ensure greater pipeline productivity. This article covers the development of a modernized air cooler and compression shop, since gas compression at the CS leads to an increase in its temperature and it must be reduced. The article discusses the main air coolers, the most common of which is the horizontal type. A system has been proposed to improve energy efficiency and increase efficiency.

**Keywords:** hydrocarbon, associated petroleum gas, air coolers, compression, modernization, efficiency

**For citation:** Lyamina N. F., Silkina T. S., Serebryakov A. O., Ivanov G. A. Method for improving the energy efficiency of the upgraded design of the associated petroleum gas cooling system. *Geology, geography and global energy*. 2022;1(88):35–40. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_35](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_35).

При добыче углеводородного сырья возникает проблема компримирования. Компримирование газа приводит к повышению его температуры и её необходимо уменьшать по нескольким причинам:

Во-первых, высокая температура приводит к разрушению изоляционного покрытия трубопровода.

Во-вторых, уменьшение температуры газа приводит к увеличению давления на входе в последующую компрессорную станцию, что способствует уменьшению энергозатрат и степени сжатия.

В-третьих, уменьшение температуры повышает вязкость газа, что ухудшает транспортировку.

Целью работы является улучшение конструкции аппарата воздушного охлаждения способом применения установки для очистки наружной поверхности оребренных труб для повышения энергоэффективности.

В настоящее время применяют 3 основные конструкции АВО: зигзагообразные, малопоточные, горизонтальные.

Основной их отличительной особенностью является поверхность теплообмена, самая большая у зигзагообразных. Однако установка теплообменных секций расположенная таким образом приводит к неравномерному распределению потока охлаждающего воздуха, наибольшему контакту теплообменных секций с солнечными лучами, и они имеют большие габариты и массу. Обогрев теплообменных секций возможен только в горизонтальных аппаратах, что позволяет избегать гидратообразования в зимний период времени, именно поэтому они имеют наибольшее распространение.

Исследование способов повышения энергоэффективности аппаратов воздушного охлаждения показало, что они делятся на 3 основные группы. Стоит отметить, что основные потери электроэнергии связаны со снижением коэффициента теплопередачи оребренных труб, из-за загрязнения поверхностей теплообмена. Загрязнение внутренней поверхности даёт не значительное снижение коэффициента теплопередачи и не требует полной остановки данного аппарата, то есть, проводится в момент обслуживания аппарата. Поэтому в настоящее время очистка наружной поверхности теплообменных труб АВО является актуальной проблемой.

На данный момент применяются способы очистки межтрубного пространства. Эти способы осуществляются ручным методом и поэтому требуют больших трудозатрат, имеют вероятность нанесения травм рабочим и повреждения оребрения труб.

Для начала рассмотрим разработанную автоматизированную установку для очистки наружной поверхности оребренных труб аппарата воздушного охлаждения с помощью очистительных секций снизу и сбоку теплообменных секций, а также рассмотрим способ увеличения КПД установки.

Для осуществления модернизации необходимо произвести 1 врезку в трубопровод воды от теплообменника в системе выхлопных газов газокomppressorного агрегата к потребителю и построить трубопровод к каждой очистительной секции с соответствующей запорно-регулирующей арматурой, с помощью этого мы сможем осуществлять подачу горячей воды или пара на установку для очистки оребренных труб теплообменных секций аппаратов воздушного охлаждения при минимальных затратах, без изменения технологического процесса и без установки дополнительного оборудования.

Для предотвращения замерзания жидкости в зимний период времени необходимо предусмотреть дренажную систему, которая может быть выполнена двумя способами.

Первый способ заключается в установки спускника в нижней точке каждой очистительной секции, через который, с помощью шланга, будет осуществляться дренаж жидкости в промливневую канализацию (рис. 1).

Во втором способе будет создана закрытая дренажная система в специальную ёмкость, что является наилучшим вариантом. Для этого необходимо сделать трубопровод, который будет соединён врезкой с дренажным трубопроводом теплообменника в системе выхлопных газов газокompрессорного агрегата и начинается с нижней точки каждой очистительной секции, где будет установлен обратный клапан и шаровый кран. Этот трубопровод необходимо полностью утеплить и подключить к нему греющий кабель на горизонтальных участках, с целью предотвращения замерзания остатков жидкости и конденсата (рис. 2).

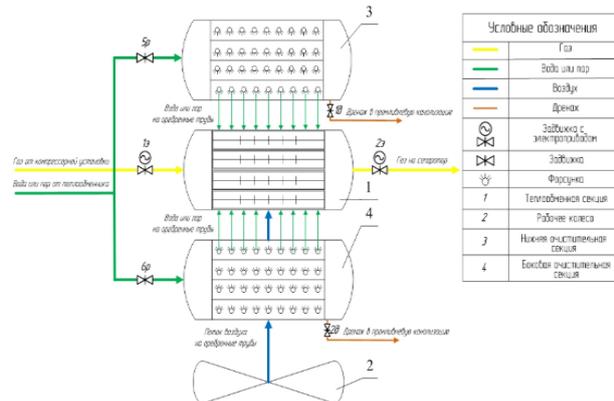


Рисунок 1 – Схема включения в работу системы

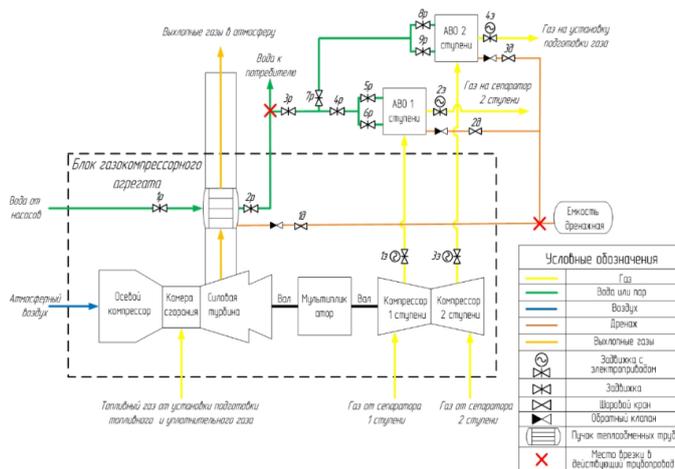


Рисунок 2 – Часть технологической схемы цеха компримирования газа

На рисунке 3 представлена 3D модель модернизированного аппарата воздушного охлаждения попутного газа. Именно очистительные и теплообменные секции расположены под углом 6–9 градусов в сторону выхода газа из аппарата, что исключает скопление конденсата в трубах. Также очистительные секции крепятся сбоку и снизу теплообменных секций.

Безусловно, процесс очистки установки зависит от правильного подбора форсунок. Тип распыления будет гидравлический, он экономичнее по потреблению энергии и проще. Факел распыления выберем полный конус, потому что он имеет наибольшую площадь распыления и орошение происходит равномерно, что создаёт одинаковую нагрузку на все участки реберённых труб, также он имеет наименьшие капли при распылении пучковой форсункой.

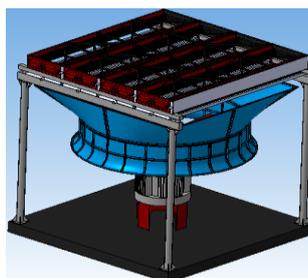


Рисунок 3 – 3D схема модернизированного аппарата

Если говорить про угол распыления и диаметр отверстия сопла, то это осуществляется индивидуально.

Такой вывод можно сделать из того, что объём крупной капли соответствует объёму восьми мелких капель с диаметров вдвое меньше, а площадь поверхности большой капли в четыре раза больше площади поверхности маленькой. И, следовательно, общая площадь восьми маленьких капель в два раза больше площади одной крупной (таблица приведена на слайде размера капель при распылении).

Для того, чтобы доказать повышение энергоэффективности, было сделано исследование энергозатрат типового аппарата в течение одного года с момента начала эксплуатации без очистки и с проведением очистки с периодичностью один месяц. Первым месяцем работы был выбран май.

Результаты расчётов, график энергозатрат в каждом месяце и энергоэффективность очистки приведены на графике 1, 2.

Месяц	Энергозатраты без очистки АВО, кВт·ч	Энергозатраты с очисткой периодичностью 1 месяц, кВт·ч	Экономия, кВт·ч
Май	2563.728	2563.728	0
Июнь	2581.703	2560.327	21.376
Июль	2599.154	2559.58	39.574
Август	2631.464	2561.449	70.015
Сентябрь	2681.09	2564.503	116.587
Октябрь	2752.29	2568.531	183.759
Ноябрь	2876.086	2575.613	300.473
Декабрь	3000.839	2580.998	419.841
Январь	3041.637	2579.986	461.651
Февраль	3052.284	2577.52	474.764
Март	2975.9	2571.088	404.812
Апрель	2923.995	2556.887	367.108
За год	33680.169	30830.21	2849.959

График 1 – Энергоэффективность

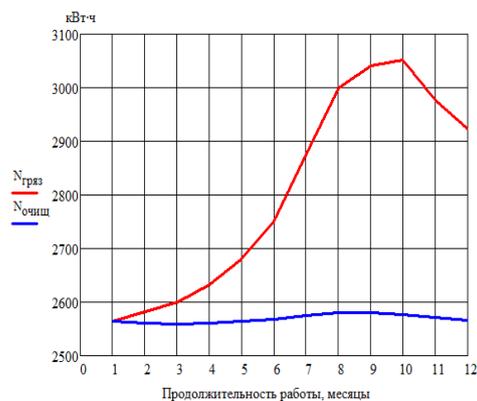


График 2 – Энергоэффективность аппарата

Из анализа исследования видно, что с увеличением коэффициента теплопередачи из-за снижения температуры окружающей среды происходит увеличение энергоэффективности очистки с периодичностью в 1 месяц.

Следовательно, проведение очистки в зимний период является наиболее экономически выгодным, но многие предприятия проводят ежегодную очистку в мае не из-за экономической выгоды, а в связи с тем, что при повышении температуры окружающей среды аппараты перестают справляться со своими задачами.

Так же был проведён анализ других исследований энергоэффективности для аппаратов с другим расходом газа, воздуха и другой площадью поверхности теплообмена. Результаты приведены на графике 3.

№	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с	Энергоэффективность, %
1	10000	890	10	3.9
2	10000	1780	10	7.5
3	10000	890	20	19.952
4	10000	1780	20	32.787
5	5000	1780	10	15.503
6	5000	1780	20	47.68
7	5000	890	20	32.213

График 3 – Анализ исследований

Из проведённых исследований можно сделать вывод, что повышение энергоэффективности очистки происходит при увеличении расхода воздуха, площади теплообмена и прямо пропорциональном увеличении расхода газа и воздуха одновременно.

Целесообразно применять только аппараты с параметрами 3. Поэтому из этих исследований можно сделать вывод, что с увеличением производительности цеха будет увеличиваться энергоэффективность очистки с периодичностью в 1 месяц. Аппараты с параметрами 4, 5, 6, 7 также не целесообразно применять в связи с тем, что будет очень большой запас, а стоимость аппарата вырастит. Целесообразно применять аппараты с параметрами 2, 3, но при использовании аппаратов с параметрами 2 будет увеличение габаритов и массы, что является минусом. Следовательно, наилучшим решением при увеличении расхода газа является повышение расхода воздуха и при этом будет происходить значительное увеличение энергоэффективности от проведения очистки с периодичностью в 1 месяц.

Стоит добавить, что повышение КПД АВО по очистным трубкам, которые мы предлагаем, будет происходить за счёт подачи холодной воды на теплообменные трубы в летний период времени методом орошения.

Мы сможем после вентилятора подавать холодную воду, тем самым будет создаваться туманная подушка, которая будет орошать.

Также можно будет сделать на концах этих трубок – сменные форсунки, т.е. когда надо почистить их меняют на соответствующие распылители в случае необходимости, например, рабочий систему остановили, поменяли форсунки, и запустили процесс – многоцелевое предложение. В итоге это приведёт к тому, что метод орошения с обдувом значительно повысит КПД.

Что касается материала, так это то, что теплообменник должен быть из нержавеющей стали, сами трубы медные. Трубопровод также из нержавеющей стали, иначе пойдёт коррозия.

Данная установка подходит под определённые климатические условия, в нежарких странах. Более подходит западная Сибирь. Данная система необходима там, где мало газа, но эта закачка нужна. Система не выдержит большого потока.

По итогам исследования было выявлено, что очистка является основным способом повышения энергоэффективности аппаратов воздушного охлаждения попутного газа. С целью оптимизации и повышения энергоэффективности данного аппарата была предложена установка для очистки оребрённой поверхности теплообменных труб аппарата воздушного охлаждения с применением гидравлических форсунок с полным конусом распыления и методом орошения АВО для повышения КПД. В результате анализа зависимости энергозатрат и энергоэффективность без очистки и при очистке с периодичностью 1 месяц, выявлено, что энергоэффективность составила 8.462 %.

#### Список источников

1. Аршакян И. И., Тримбач А. А. Повышение эффективности работы установок охлаждения газа // Газовая промышленность. 2006. № 12. С. 52–55.
2. Алимов С. В. Лифанов В. А., Миатов О. Л. Аппараты воздушного охлаждения газа: опыт эксплуатации и пути совершенствования // Газовая промышленность. 2006. № 6. С. 54–57.

3. Локтев А. В., Малахов А. В., Мишин И. С. Повышение эффективности охлаждения газа на компрессорных станциях магистральных газопроводов // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. 2016. № 1. С. 207–210.

4. Оздоева А. Х. Выбор технологий полезного использования попутного нефтяного газа на основе экономических оценок: дис. ... канд. эконом. наук. Москва, 2016. 170 с.

5. Косенкова М. Т. Полезное использование попутного нефтяного газа – важнейшая задача нефтедобывающей промышленности России // Безопасность труда в промышленности. 2008. № 4. С. 27–29.

6. Крюков Н. П. Аппараты воздушного охлаждения. Москва, 1983. 198 с.

7. Чекардовский М. Н., Чекардовский С. М., Илюхин К. Н., Ушаков В. Е. Разработка методов определения эффективности работы теплообменных аппаратов в системе теплоснабжения. Тюмень: Изд-во ТГСХА, 2009. 145 с.

#### References

1. Arshakyan I. I., Trimbach A. A. Improving the efficiency of gas cooling installations. *Gas industry*. 2006;12:52–55. (In Russ.).

2. Alimov S. V., Lifanov V. A., Miatov O. L. Apparatuses for air cooling of gas: experience of operation and ways of improvement. *Gas industry*. 2006;6:54–57. (In Russ.).

3. Loktev A. V., Malakhov A. V., Mishin I. S. Improving the efficiency of gas cooling at compressor stations of main gas pipelines. *Proceedings of NNSTU im. P. E. Alekseev*. 2016;1:207–210. (In Russ.).

4. Ozdueva A. Kh. The choice of technologies for the beneficial use of associated petroleum gas based on economic assessments: dis. ... cand. economy sciences. Moscow. 2016:170. (In Russ.).

5. Kosenkova M. T. Beneficial use of associated petroleum gas – the most important task of the oil industry in Russia. *Safety of labor in industry*. 2008;4:27–29. (In Russ.).

6. Kryukov N. P. Air coolers. Moscow, 1983:198. (In Russ.).

7. Chekardovsky M. N., Chekardovsky S. M., Ilyukhin K. N., Ushakov V. E. Development of methods for determining the efficiency of heat exchangers in the heat supply system. Tyumen: Publishing House of TGSHA; 2009:145. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Лямина Н. Ф. – доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;

Силкина Т. С. – студент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»;

Серебряков А. О. – доцент кафедры «Промысловая геология, гидрогеология и геохимия горючих ископаемых»;

Иванов Г. А. – аспирант кафедры «технологические машины и оборудование», Уфимский государственный нефтяной технический университет.

#### Information about the authors

Lyamina N. F. – Associate Professor of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields;

Silkina T. S. – student of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields;

Serebryakov A. O. – Associate Professor of the Department «Commercial Geology, Hydrogeology and Geochemistry of combustible minerals»;

Ivanov G. A. – postgraduate student of the Department «Technological machines and Equipment», Ufa State Petroleum Technical University.

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 10.11.2022; одобрена после рецензирования 12.12.2022; принята к публикации 11.01.2023.

The article was submitted 10.11.2022; approved after reviewing 12.12.2022; accepted for publication 11.01.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 41–48.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):41–48. (In Russ.).

Научная статья  
УДК: 26.314.440.5  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_41

## ЦИКЛИЧНОСТЬ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Федорова Надежда Федоровна<sup>1✉</sup>, Воронов Алексей Владимирович<sup>2</sup>,  
Григорян Норик Артакович<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия  
<sup>1</sup>nadezhda.fedorova.59@mail.ru<sup>✉</sup>  
<sup>2</sup>fluditec@mail.ru  
<sup>3</sup>wolcraftproject@gmail.com

**Аннотация.** Актуальность работы обусловлена научным обоснованием вскрытого разреза отложений осадочного чехла на территории Северного Каспия. Фактические геолого-геофизические материалы, имеющиеся на сегодняшний момент по изучению акватории Северного Каспия, довольно неравномерно и неоднозначно характеризуют разрез данной территории, как по вертикали, так и по латерали. Целью исследования является изучение особенностей осадконакопления в осадочном чехле Скифской плиты в пределах акватории Северного Каспия, на основе данных бурения поисковых и разведочных скважин для расчленения разреза данной территории и определения зональности распространения пород. Методология изучения проводилась с использованием всех имеющихся материалов сейсморазведки, а также данных бурения скважин. Результаты. Автором были изучены геологические разрезы по всем пробуренным поисковым и разведочным скважинам данной территории, а также и региональная геология Скифской плиты в целом. Выводы. Для акватории Северного Каспия получен предварительный фактический материал о возрасте, составе и распространении вскрытых типов пород осадочного чехла.

**Ключевые слова:** Скифская плита, акватория Северного Каспия, осадочный чехол, стратиграфический возраст, порода

**Для цитирования:** Федорова Н. Ф., Воронов А. В., Григорян Н. А. Цикличность осадконакопления в пределах Северного Каспия // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 41–48. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_41](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_41).

## CYCLICAL SEDIMENTATION WITHIN THE NORTHERN CASPIAN

Nadezhda F. Fedorova<sup>1✉</sup>, Alexey V. Voronov<sup>2</sup>, Norik A. Grigoryan<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
<sup>1</sup>nadezhda.fedorova.59@mail.ru  
<sup>2</sup>andrew.pavlov1221@mail.ru  
<sup>3</sup>wolcraftproject@gmail.com

**Abstract.** The relevance of the work is due to the scientific justification of the uncovered section of sedimentary cover deposits on the territory of the Northern Caspian Sea. The actual geological and geophysical materials available at the moment for studying the waters of the Northern Caspian Sea rather unevenly and ambiguously characterize the section of this territory, both vertically and laterally. The purpose of the study is to study the features of sedimentation in the sedimentary cover of the Scythian plate within the water area of the Northern Caspian Sea, based on data from drilling exploratory and exploration wells to dissect the section of this territory and determine the zonality of the distribution of rocks. The methodology of the study was carried out using all available seismic survey materials, as well as well drilling data. Results. The author studied the geological sections for all the drilled prospecting and exploration wells of this territory, as well as the regional geology of the Scythian Plate as a whole. Conclusions. Preliminary factual material on the age, composition and distribution of the exposed types of sedimentary cover rocks has been obtained for the Northern Caspian water area.

**Keywords:** Scythian plate, water area of the Northern Caspian, sedimentary cover, stratigraphic age, rock

**For citation:** Fedorova N. F., Voronov A. V., Grigoryan N. A. Cyclical sedimentation within the Northern Caspian. *Geology, Geography and global energy*. 2023;1(88):41–48. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_41](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_41).

**Введение.** Впадина Каспийского моря в субмеридиональном направлении протягивается на расстояние около 1200 км. Она перекрывается блоками коры разного возраста, которые отличаются как в литолого-стратиграфическом, так и в тектоническом отношении. Все это создаёт самостоятельные структуры Каспийской депрессии.

Северная часть Каспия располагается на докембрийском фундаменте и входит в состав Прикаспийской синеклизы Восточно-Европейской платформы. Наиболее значительная по площади – это Средняя часть Каспийского моря. Изучаемая часть акватории Северного и Среднего Каспия, её западное и восточное обрамления, по комплексу геолого-геофизических данных на море и суше соответствует эпигерцинской Скифско-Туранской плите [6].

Скифско-Туранская молодая плита занимает основную часть дна Северного Каспия. Для поверхности фундамента характерно ярко выраженное блоковое строение с широким развитием горст-грабеновых структур. В осадочном чехле выделяется два структурных комплекса: верхний – мезозойско-кайнозойский, нижний – пермо-триасовый. В её пределах осадочный чехол представлен породами триаса, юры, мела, палеогена, неогена и антропогена общей толщиной до 6 км [7].

Акватория Северного Каспия – это самая мелководная и выровненная часть Каспийского моря. Территория характеризуется зоной сочленения молодой и древней платформ, а также большим количеством осадочного материала, которое поступает в его акваторию [1].

Осадочные отложения возникают на поверхности земли в результате взаимодействия геологических процессов, как экзогенных, так и эндогенных. На поднятых относительно моря территориях, может проявиться только разрушительная деятельность экзогенных процессов. По мере того, как возрастает амплитуда поднятия, возрастает и интенсивность процессов разрушения [5].

Тогда как, на погружающихся участках земной коры наблюдается устойчивое накопление осадков. Это значит, что эндогенные процессы играют значительную роль и направляют деятельность экзогенных процессов, а через них определяют и характер осадкообразования.

Также существенны тектонические процессы и особенно вертикальные движения земной коры. Именно эти движения обуславливают расположение областей сноса и накопление осадочного материала. Они влияют на строение осадочных толщ и их литологические особенности, вещественный состав, скорость отложений и дальнейшее преобразование комплекса пород в соответствующие формации [5].

Переходные формации возникают в условиях энергичного погружения земной коры, которое компенсируется отложениями осадочного материала.

Осадочный материал может быть принесён в изобилии с расположенной вблизи области поднятия или со смежной платформы. Поэтому накопление осадков происходит здесь преимущественно в условиях мелкого моря или равнинных участков суши.

В эпохи крупных поднятий происходит формирование прогибов, в которых накапливаются переходные формации. Для переходных формаций характерной особенностью является их значительная толщина, широкое распространение среди них песчано-глинистых отложений и многочисленность, а часто и отсутствие вулканогенных толщ [5].

Породы осадочного чехла акватории Каспия в процессе своего формирования неоднократно подвергались длительным региональным перерывам, что нашло отражение в стратиграфическом разрезе изучаемой территории. В рельефе Северного Каспия отмечаются следы древних береговых линий, террасы, уступы и палеоруслу и это отражает различные этапы геологической истории бассейна. Все эти процессы, а также влияние тектонических движений повлияло на образование локальных поднятий и определило их пространственную ориентировку.

**Результаты.** С целью изучения современного структурного плана Каспийского моря, истории его развития и формирования осадочной толщи был выполнен непрерывный промер нескольких тысяч километров дна моря, изучено более 500 колонок донных отложений глубиной до 12 м, обобщены результаты интерпретации геоакустических профилей (около 20 тыс. км).

В настоящее время довольно интенсивно ведётся геологическое изучение Северного Каспия с целью поисков залежей нефти и газа. Качество сейсморазведочных работ в различных районах акватории существенно различается. Так, на Хвалынской и Широкой структурах, эффективность проведённых исследований из-за технических ограничений была невысокой.

Осадочный чехол Северного Каспия в структурном плане изучен относительно слабо. Представления о строении доюрских отложений носили ещё более схематический и несистематический характер. Так и не удалось выявить глубинное строение разреза на уровне пермотриасовых и юрских отложений, а также определить зоны регионального выклинивания пород юры и неокома.

В акватории северной части Северного Каспия в период позднепермское-триас-раннеплиоценовое время происходило умеренное прогибание дна бассейна. Вдоль всего южного борта кряжа Карпинского контрастно выделяется система крупных валообразных поднятий. В пределах российского сектора акватории Среднего Каспия данная структурная зона представлена Ракушечно-Широтной системой поднятий (рис. 1).

С отложений *нижнетриасового* возраста начался плитный цикл осадконакопления в акватории Северного и Среднего Каспия. Они вскрыты скважинами 1-Широтная и 1-Ракушечная.

На Широтной зоне поднятий породы представлены толщей тонкослоистого переслаивания аргиллитов и алевролитов. Отложения сильно дислоцированы и имеют углы падения пластов до 45°.

На Ракушечной зоне поднятий разрез сложен аргиллитами и песчаниками темно-серыми до черных. Породы плотные, крепкие, трещиноватые, дислоцированные. Трещины выполнены белым кальцитом.

Вскрытая толщина пород колеблется от 43 до 126 м.

*Верхнетриасовые* отложения в скважинах акватории Каспия достоверно не установлены.

*Юрская* система представлена в основном средним и верхним отделами.

Юрские породы залегают с угловым и крупным стратиграфическим несогласием на породах нижнего или среднего триаса.

Полную толщину юрских отложений на Ракушечно-Широтной зоне поднятий вскрыли скв. 1-Широтная (913 м) и 1-Ракушечная (642 м).

Стратиграфическая полнота юрских отложений увеличивается в юго-восточном и восточном направлениях [2].

*Средний отдел* включает отложения байосского, батского и келловейского ярусов. Они выделены по литологическим и промыслово-геофизическим данным в разрезах всех скважин акватории Северного Каспия. Наблюдается незначительное сокращение толщин отдельных ярусов средней юры. На полную мощность отложения вскрыты поисково-разведочными скважинами 1-Ракушечной (550 м) и 1-Широтной (615 м).

*Байос-батские* отложения в нижней части разреза представлены песчаниками серыми, светло- и темно-серыми, мелко-среднезернистыми, преимущественно кварцевыми, с единичными прослоями конгломератов и гравелитов. Средняя часть разреза представлена переслаиванием алевролитов, песчаников и глин.

Характерна литологическая изменчивость состава пород, как по вертикали, так и по латерали. Вверх по разрезу глинистость пород возрастает.

Они залегают с угловым и стратиграфическим несогласием на образованиях ааленского яруса или на размытой поверхности триасовых отложений.

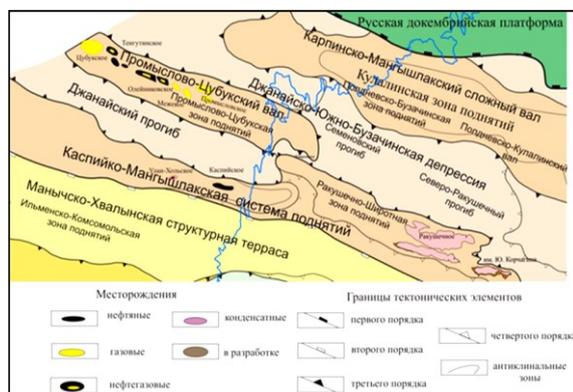


Рисунок 1 – Схема тектонического районирования акватории Северного и Среднего Каспия

*Келловейский* ярус представлен терригенными породами (алевролиты, аргиллиты, глины) с отдельными тонкими прослоями и линзами мергелей.

В скв. 2-Широтная вскрыты глины серые до темно-серых, известковистые, с прослоями мергелей и алевролитов.

На Ракушечной площади келловейский ярус сложен толщей переслаивания песчаников, алевролитов и аргиллитоподобных глин.

Келловейские отложения накапливались в условиях мелководного морского шельфа. Отмечается постепенное сокращение к своду Ракушечного вала продуктивных батско-келловейских отложений.

*Верхняя юра* на данной территории развита широко, но не повсеместно и не везде в полном стратиграфическом объёме.

Прослеживается постепенное выклинивание всех ярусов верхнеюрских отложений к своду Ракушечного поднятия, которое в позднеюрское время представляло собой отмель. В восточном направлении отложения верхней юры размыты [4].

В скважине 2-Ракушечная верхняя юра представлена кимериджским и оксфордским ярусами, в скважинах 4 и 5-Ракушечные – только оксфордским ярусом. В остальных скважинах Ракушечно-Широтной зоны прослеживается полный разрез верхнеюрских отложений.

Породы верхней юры в основном сложены глинами с переслаиванием мергелей, известняков, доломитов, песчаников. Толщина верхнеюрских пород изменяется от 31 м (скв. 5-Ракушечная) до 297 м (скв. 1-Широтная).

На отложениях келловейского яруса с размывом залегают породы оксфордского яруса.

*Оксфордский* ярус сложен мергелями (скв. 2-Широтная) серыми до темно-серых и пачками тонкого переслаивания данных мергелей с глинами серыми до темно-серых; известняками серыми, неравномерно глинистыми с прослоями мергелей и аргиллитов (скв. 4-Ракушечная).

Толщина отложений в зоне Ракушечных поднятий уменьшается с востока на юго-запад от 108 м (скв. 7-Ракушечная) до 31 м (скв. 5-Ракушечная). В конце оксфорда произошел общий подъем территории. В скв. 4-Ракушечная было установлено отсутствие кимериджского и волжского ярусов.

*Кимериджский* ярус сложен известняками серыми, светло-серыми, органогенно-детритовыми, доломитизированными, реже мергелями. Они залегают с размывом на образованиях оксфордского возраста.

Породы *волжского* регионаруса на Ракушечной зоне поднятий представлены доломитами замещения, тонкокристаллическими, каверново-пористыми, битуминозными с прослоями известняков и аргиллитов.

На Широтной зоне породы сложены доломитами замещения с реликтами первичной ступковой и биоморфно-детритовой структуры, битуминозными с прослоями известняков детритово-обломочных и ангидритов розовато-белых, скрытокристаллических в верхней части разреза (скв. 3-Широтная).

В Северном Каспии толщина отложений волжского яруса постепенно увеличиваясь в юго-восточном направлении и изменяется от 0 м в разрезе скважин 5, 4, 8, 2-Ракушечные до 86 м в скважине 3-Широтная.

Отмечаются редкие прослои обломочных пород. Контакты известняков с подстилающими доломитами обычно эрозионные и с прослоями конглобрекций. Такой тип разреза свидетельствует о регрессивном характере бассейна осадконакопления. Граница с перекрывающимися песчаниками или алевролитами неочевидна, резкая [2].

В период регионального юрско-мелового перерыва в осадконакоплении, сводовая часть Ракушечного вала была подвергнута денудации.

В районе скв. 4 и 5-Ракушечных неочевидно ложится на размытую поверхность отложений верхнего оксфорда. На территории скв. 2 и 8-Ракушечных неочевидны отложения лежат на размытой поверхности пород кимериджа. В скв. 1 и 7-Ракушечных, 1, 2, 3 и 5-Широтных эрозионная поверхность доломитов волжского возраста несогласно перекрывается неочевидными образованиями, в основании которых присутствует базальный прослой мелкообломочной конглобрекции.

*Нижнемеловой* комплекс пород состоит из готеривско-барремских, (неочевидных), аптских и альбских отложений. Они сложены толщей переслаивания аргиллитоподобных глин, алевролитов и песчаников.

В акватории Северного Каспия суммарная толщина нижнемеловых пород изменяется от 262 до 308 м, увеличиваясь в восточном направлении.

Осадконакопление происходит только в относительно глубоководных местах, которые начиная с аптского времени меняются на более мелководные, в связи с понижением уровня моря.

В Северном Каспии готеривско-барремские отложения с большим стратиграфическим и заметным угловым несогласием залегают на эрозионной поверхности разновозрастных юрских пород: в скв. 5, 4-Ракушечные – на оксфордских породах, в скв. 2-Ракушечная на кимериджских, а в остальных скважинах – на волжских.

Породы готеривско-барремского возраста на территории Ракушечных поднятий представлены песчаниками светло-бурыми, мелко-среднезернистыми, нефтенасыщенными, с прослоями глинистых пород и с тонкими (5–12 мм) прослоями гравелитов и галечников.

На Широтной площади отмечается переслаивание песчаников, алевролитов и алеврито-глинистых пород. В нижней части прослеживается пачка глин, а в основании яруса – прослой мелко-обломочной конглобрекции (18 см), состоящей из обломков доломитов (скв. 2-Широтная).

Толщина отложений возрастает с запада на восток от 34 м (скв. 6-Ракушечная) до 84 м (скв. 2-Широтная).

Прослой грубозернистого и гравийного материала, которые отмечаются среди мелко-среднезернистых песчаников неокомского возраста в скважинах 2, 4, 6 и 8 Ракушечной площади, свидетельствуют о цикличности осадконакопления [3].

В керне выделяются крупные углефицированные растительные остатки. В раннемеловое время на островах и прибрежных частях моря была широко распространена хвойная растительность (рис. 2).

В отложениях апского и альбского возраста, которые сформировались в основном в условиях мелководного шельфа, доминируют глины алевритистые с прослоями алевролитов глинистых, реже алевролитов песчаных и песчаников. Все эти изменения в осадконакоплении нашли своё отражение в количестве и составе органического вещества вмещающих пород.



Рисунок 2 – Фотография керна из скв. 8 Ракушечная (интервал 1478,4–1480,07 м) [3, с. 177]

Аптский ярус в акватории Северного Каспия выделен по ГИС, керну и палеонтологическим данным.

Проведение комплексного биостратиграфического анализа позволило расчленить аптский ярус на три подъяруса. Аптские породы залегают с размывом на отложениях баррема.

*Аптский ярус* сложен светло-тёмно-серыми алевролитами (73–89 %), хорошо отсортированными. Вверх по разрезу в алевролитах увеличиваются тонкие прослои мелкозернистых песчаников.

В аптских отложениях отмечено увеличение количества алевритовых прослоев (пород-коллекторов), но в них отсутствуют песчаники. Примесь песчаных зёрен в алевритовых прослоях не превышает 1–7 %.

Толщина яруса 99 м (скв. 3-Широтная и 5-Ракушечная) – 119 м (скв. 6-Ракушечная).

*Нижнеаптский подъярус* – это нижняя глинистая пачка апта. Она распространена регионально и является надёжной покрывкой для неокомских залежей. Глины темно-серые до черных, неравномерно алевритистые и алевритовые, слабо известковистые, плотные, крепкие.

Пачку глин перекрывают алевролиты серые, темно-серые, крепкие, песчаные, с прослоями песчаников. Песчаники серые, мелкозернистые, кварцевые.

Для нижнеаптских отложений характерно присутствие в разрезах всех скважин конкреций сидерита и скопления их на границе перерыва. Этот период сопровождается трансгрессией моря, самой крупной в раннем мелу.

*Среднеаптский подъярус* в пределах Широтной зоны поднятий – это верхняя глинисто-алевролитовая пачка аптского яруса. К этой пачке приурочен продуктивный песчаный пласт.

В верхней среднеаптской части разреза наблюдаются линзовидные скопления органических остатков. Это свидетельствует о том, что данные скопления могли быть сформированы штормовыми волнами при понижении уровня моря.

Проведённые исследования показали, что в скважинах Ракушечно-Широтной зоны поднятий Северного Каспия альбский ярус представлен только средним подъярусом.

*Среднеальбский* отложения представлены преимущественно глинами с подчинёнными прослоями алевролитов и песчаников. Глины светло-серые и серые, известковистые, от мягких (прослоями) до плотных.

В верхней части разреза в глинах появляются тонкие прослои мергелей и известняков.

Алевролиты темно-серые, тонкозернистые, слюдистые, средней твёрдости, с включениями пирита. Песчаники светло-серые, мелкозернистые, с чешуйками слюды.

В разрезе вскрыта I пачка пород-коллекторов с эффективной газонасыщенной толщиной 11,6 м и пористостью 16,2 – 28,4 % и II пачка с эффективной газонасыщенной толщиной 4,2 м и пористостью – 21,5 %. Отложения альбского яруса на всей Ракушечно-Широтной зоне поднятий изменяются незначительно от 110 до 127 м.

Территория исследования в *раннеальбское* время могла представлять собой сушу, т.к. в разрезе отсутствуют переотложенные раннеальбские органические остатки.

Генезис пирита без специальных исследований установить довольно сложно. Но можно предположить, что он образовался в восстановительных условиях, которые создаются при замыкании морского бассейна во время общего подъёма территории.

Анализ kernового материала показал, что отложения альбского возраста, на 3–4 % более глинисты, по сравнению с разрезом аптских пород.

В Северном Каспии разрез верхнемеловых отложений достигает наибольших в этой части региона мощностей: в отдельных котловинах вблизи его северной и восточной прибрежных зон они могут достигать 600–900 м.

*Верхнемеловые* отложения в основном сложены переслаиванием по разрезу известняков и мергелей, за исключением сеноманского яруса.

Сеноманский ярус представлен маломощной пачкой сероцветных глинисто-алевролитовых пород с прослоями мергелей, редко известняков.

Толщина верхнемеловых отложений достигает 499 м (скв. 3-Широтная).

*Палеогеновая система* подразделяется на три отдела: палеоцен, эоцен и олигоцен. Толщина палеоцена составляет 0–34 м на Ракушечной площади; 16–21 м – на Широтной.

*Палеоцен* в скважинах Северного Каспия представлен только нижним подотделом в объёме датского яруса.

Для *датского яруса* характерны известняки белые, пелитоморфные, фораминиферовые (Ракушечная зона поднятий) и известняки мелоподобные и глинистые (Широтная зона).

*Эоцен* сложен глинами с прослоями мергелей и известняков в нижней части разреза. Наибольшая толщина пород составляет 54 м (скв. 7-Ракушечная).

*Олигоцен* представлен майкопской серией и сложен темно-серыми и серыми глинами с редкими маломощными прослоями алевролитов.

Толщина отложений майкопской серии на Ракушечной-Широтной зоне поднятий изменяется от 0–179 м.

Отложения неогена присутствуют в неполном стратиграфическом объёме. *Неогеновая система* представлена верхним отделом. Наибольшее сокращение разреза неогена отмечается в пределах Ракушечно-Широтной зоны поднятий, где полностью отсутствуют миоценовые и нижнеплиоценовые образования.

*Верхний* отдел (плиоцен) в своей верхней и средней частях разреза состоит из голубовато- и светло-серых глин, неравномерно алевритистых, известковистых с редкими маломощными прослоями алевролитов. Толщина отдела – 0–168 м.

Породы *четвертичной* системы в основном представлены глинами с единичными прослоями известняков, песчаников и алевролитов в нижней части. Толщина пород – 318 м.

Таким образом, в осадочном чехле акватории Каспийского моря и на его обрамлениях, выделяются юрско-миоценовый и плиоцен-четвертичный структурные этажи.

Для первого характерно плановое совпадение разно порядковых структурных элементов, увеличение морфологической выраженности и усложнение структурных форм с глубиной (рис. 3).

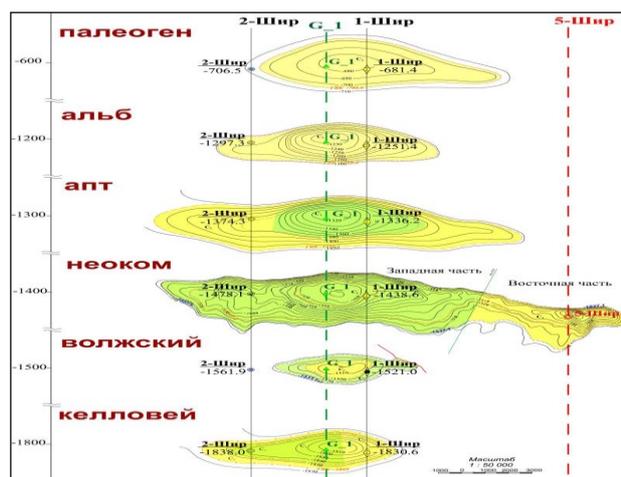


Рисунок 3 – Структурные карты по нефтегазоносным горизонтам

Плиоцен-четвертичные отложения, образующие верхний структурный этаж платформенного чехла, характеризуются моноклинальным строением и не представляют интереса с позиции поиска структурных ловушек.

Осадочные отложения, выполняющие нефтегазоносные осадочные бассейны могут быть подразделены на ряд структурно-формационных комплексов, из которых только верхний структурный ярус или этаж отвечает осадочному бассейну в его современном морфоструктурном выражении. А остальные – являются реликтами прошлого осадочного бассейна.

Эти осадочные бассейны существовали в иных тектонических условиях, принадлежали к иному тектоническому типу, и лишь совпадение по площади указывает на их связь с современным осадочным бассейном, который следует рассматривать как результирующий. Смена тектонических типов осадочных бассейнов во времени и в пространстве определяется общей тектонической направленностью эволюции литосферы.

Поэтому в каждом конкретном случае для правильной оценки перспектив нефтегазоносности необходимо выяснить не только современную структуру осадочного бассейна, но и его геологическую историю.

#### Список источников

1. Глумов И. Ф. и др. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. Москва: Недра, 2004. 342 с.
2. Манцурова В. Н. и др. Стратиграфическое расчленение и корреляция юрских отложений Северного Каспия. Вопросы геологии и обустройства месторождений нефти и газа. Волгоград, 2013. 311 с.
3. Остроухов С. Б. и др. Геохимические индикаторы палеогеографической обстановки осадконакопления Северного Каспия в раннемеловое время. Прогноз и разработка нефтегазоносных структур Нижнего Поволжья и Северного Каспия. Волгоград, 2012. 361 с.
4. Остроухов С. Б. и др. Условия формирования Ракушечного вала и геохимические индикаторы седиментации в среднеюрское время в Северном Каспии. Принципы и методы изучения нефтегазовых месторождений. Волгоград, 2015. 211 с.
5. Рухин Л. Б. Основы литологии. Ленинград: Недра, 1969. 704 с.
6. Серебряков О. И., Федорова Н. Ф. Геология регионов России. Москва: Инфра-М, 2017. 183 с.
7. Федорова Н. Ф. Результаты региональных работ по изучению геологического строения Северного Каспия // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 2 (81). С. 53–58.

#### References

1. Glumov I. F. et al. Regional geology and oil and gas potential of the Caspian Sea. Moscow: Nedra; 2004:342. (In Russ.).
2. Mantsurova V. N. et al. Stratigraphic dissection and correlation of the Jurassic deposits of the Northern Caspian. Issues of geology and development of oil and gas fields. Volgograd; 2013:31. (In Russ.).

3. Ostroukhov S. B. et al. Geochemical indicators of the paleogeographic situation of the sedimentation of the Northern Caspian in the Early Cretaceous. Forecast and development of oil and gas bearing structures of the Lower Volga region and the Northern Caspian. Volgograd; 2012:361. (In Russ.).

4. Ostroukhov S. B. et al. Conditions of shell shaft formation and geochemical indicators of sedimentation in the Middle Jurassic in the Northern Caspian. Principles and methods of studying oil and gas fields. Volgograd; 2015:211. (In Russ.).

5. Rukhin L. B. Fundamentals of lithology. Leningrad: Nedra; 1969:704. (In Russ.).

6. Serebryakov O. I., Fedorova N. F. Geology of the regions of Russia. Moscow: Infra-M; 2017:183. (In Russ.).

7. Fedorova N. F. Results of regional studies of the geological structure of the Northern Caspian. *Geology, geography and global energy*. 2021;2(81):53–58. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Федорова Н. Ф. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент;

Воронов А. В. – аспирант;

Григорян Н. А. – аспирант.

#### Information about the authors

Fedorova N. F. – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Associate Professor;

Voronov A. V. – post-graduate student;

Grigoryan N. A. – post-graduate 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 13.12.2022; одобрена после рецензирования 16.01.2023; принята к публикации 06.02.2023.

The article was submitted 13.12.2022; approved after reviewing 16.01.2023; accepted for publication 06.02.2023.

**ГИДРОГЕОЛОГИЯ  
(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

---

---

*Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 49–53.  
*Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):49–53. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 55.556.3  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_49

**ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ –  
КЛЮЧ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ  
НА ПРИМЕРЕ ПЛАТФОРМЕННЫХ РАЙОНОВ ОРЕНБУРЖЬЯ**

Гаев Иван Аркадьевич<sup>1</sup>, Куделина Инна Витальевна<sup>2✉</sup>, Галянина Наталья Петровна<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия  
<sup>1</sup>gayev@mail.ru  
<sup>2</sup>kudelina.inna@mail.ru ✉  
<sup>3</sup>galyanina@list.ru

**Аннотация.** Развитию нефтегазовой промышленности Оренбуржья препятствует дефицит водных ресурсов и экологическая напряжённость окружающей среды. Недостаточно изученные на нефть и газ платформенные районы Оренбуржья характеризуются вертикальной зональностью с зонами гидрогенеза, гидрогалоге́неза и гидрометагенеза. Установлено, что залежи углеводородов формируются и хорошо сохраняются в зоне равновесного гидрогалоге́неза. Картографирование этой зоны может стать ключом при поисках нефти и газа, а разработанная установка горизонтального и вертикального дренажа позволит защитить подземные воды нефтепромыслов от загрязнения.

**Ключевые слова:** вертикальная зональность, зона гидрометагенеза, залежи нефти, зона равновесного гидрогалоге́неза

**Для цитирования:** Гаев И. А., Куделина И. В., Галянина Н. П. Вертикальная гидрогеохимическая зональность – ключ к определению перспектив нефтегазоносности на примере платформенных районов Оренбуржья // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 49–53. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_49](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_49).

**VERTICAL HYDROGEOCHEMICAL ZONING IS THE KEY TO DETERMINING  
THE PROSPECTS FOR OIL AND GAS POTENTIAL ON THE EXAMPLE  
OF THE PLATFORM REGIONS OF THE ORENBURG REGION**

Ivan A. Gaev<sup>1</sup>, Inna V. Kudelina<sup>2✉</sup>, Natalia P. Galyanina<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russia  
<sup>1</sup>gayev@mail.ru  
<sup>2</sup>kudelina.inna@mail.ru ✉  
<sup>3</sup>galyanina@list.ru

**Abstract.** The development of the oil and gas industry in the Orenburg region is hampered by a shortage of water resources and environmental stress. Insufficiently explored for oil and gas platform areas of the Orenburg region are characterized by vertical zoning with zones of hydrogenesis, hydrohalogenesis and hydrometagenesis. It has been established that hydrocarbon deposits are formed and well preserved in the zone of equilibrium hydrohalogenesis. Mapping of this zone can become a key in oil and gas exploration, and the developed installation of horizontal and vertical drainage will protect the underground waters of oil fields from pollution.

**Keywords:** vertical zoning, hydrometagenesis zone, oil deposits, equilibrium hydrohalogenesis zone

**For citation:** Gaev I. A., Kudelina I. V., Galyanina N. P. Vertical hydrogeochemical zoning is the key to determining the prospects for oil and gas potential on the example of the platform regions of the Orenburg region. *Geology, Geography and global energy.* 2023;1(88):49–53. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_49](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_49).

### **Введение**

Развитию экономики в Оренбургской области и, в частности нефтегазовой промышленности препятствует растущий дефицит водных ресурсов и всё возрастающая экологическая напряжённость в окружающей среде. В связи с этими обстоятельствами усиливается необходимость более углублённых исследований подземных вод. Нефтепромыслы являются крупнейшими источниками загрязнения окружающей среды и потребителями больших объёмов воды для поддержания пластового давления. На эти цели расходуются весьма дефицитные пресные воды питьевого качества, которые необходимо заменить на воды некондиционные [1].

Нефтегазовый комплекс Оренбургской области формирует сотни миллионов тонн отходов в твёрдом, жидком и газообразном виде. Большинство районов области не имеют качественных очистных сооружений, а их водоснабжение функционирует преимущественно за счёт аллювиальных и поверхностных вод, незащищённых от загрязнения. В вегетационный период водный дефицит в Оренбуржье обостряется, происходит истощение водных ресурсов, прежде всего, в районах нефтепромыслов. Необходимо усовершенствовать управление водными ресурсами, обеспечить эти районы водой, и усилить контроль за её использованием [2, 3]. Необходимо исключить применение пресных вод питьевого качества в системах поддержания пластового давления. Решение задачи достигнуто путём замены пресных вод питьевого качества некондиционными водами из более глубоких горизонтов земной коры. Для этого необходимо провести прогноз обнаружения ресурсов солёных вод и рассолов в осадочном чехле. Выполнены комплексные исследования с применением гидрогеологических и геологогеофизических методов. Это позволит перейти к управлению водными ресурсами с более рациональным их использованием, что является актуальным, так как обеспечивает дальнейшее социально-экономическое развитие недостаточно изученных районов Оренбуржья.

### **Материалы и методы исследований**

В Оренбуржье исследованы подземные воды и зоны их сосредоточения в пределах нефтегазовых месторождений. При проведении исследований использованы аналитические и картографические, расчётно-графические методы, а также экспериментальные и лабораторные.

Собранные, обработанные, систематизированы и обобщены геолого-геофизические и гидрогеологические данные, а так же материалы по физико-химическим анализам проб подземных, сточных вод и рассолов в районах нефтепромыслов, как в производственных условиях, так и по литературным и фондовым источникам. Выявлено, что водохозяйственные объекты в районах нефтепромыслов уязвимы по отношению к загрязнению и нуждаются в мероприятиях по защите.

### **Результаты и обсуждение**

Был решён комплекс задач по прогнозированию зон сосредоточения подземных вод: пресных, минерализованных и рассолов на территориях Оренбуржья. В связи с этим было выполнено следующее:

- 1) намечена методика гидрогеологических исследований пресных, солёных вод и рассолов на разных глубинах и в разных ландшафтно-климатических зонах с учётом блочного строения территории [4];
- 2) изучена история исследований зон сосредоточения пресных подземных вод и их формирование в различных районах;
- 3) проведено прогнозирование с определением расположения зон сосредоточения различных по составу подземных вод, включая пресные, солоноватые и рассолы, используя геолого-геофизические и неотектонические данные;
- 4) для защиты и рационального использования водных ресурсов рекомендованы барьерные технологии, а также установки совмещённого горизонтального и вертикального дренажа.

В платформенных районах Оренбуржья в вертикальном разрезе выделены зоны гидрогенеза, гидрогалогеенеза и гидрометагенеза. Под зонами гидрогенеза небольшой мощности расположена зона гидрогалогеенеза значительной мощности. Она расчленяется на три зоны, средняя из которых – зона равновесного гидрогалогеенеза является наиболее перспективной на нефть и газ [5]. В этой зоне залежи нефти и газа наиболее устойчивы. Она находится между зонами максимального и унаследованного гидрогалогеенеза, а районы, в которых эта зона хорошо развита, стабильны в неотектоническом отношении.

При неотектоническом обновлении трещинных систем под приречными частями речных долин развиваются коллекторы с повышенной водопроницаемостью пород, с водопритоками и нефтепроявлениями в глубоких скважинах. Эти зоны прогнозируются по геолого-геофизическим данным, при интерпретации которых можно установить мощность зон гидрогалогеенеза и перспективы обнаружения залежей нефти и газа.

Приречные территории отличаются повышенной геодинамической активностью, и в их пределах развивается неотектоническая трещиноватость, благодаря которой происходит сосредоточение, как пресных подземных вод в верхней части гидрогеологического профиля, так и минерализованных вод и рассолов в более глубоких горизонтах земной коры. В Оренбуржье зоны сосредоточения подземных вод формируются в районах с неотектонической трещиноватостью в речных долинах, которые ориентированы субширотно, с геоморфологически приподнятым правобережным блоком земной коры.

При разработке рекомендаций по предотвращению истощения и загрязнения подземных вод питьевого качества предлагается использовать барьерные технологии.

Разработаны барьерные устройства для предотвращения загрязнения и истощения пресных вод, включающие в себя геохимические и гидродинамические барьеры. Геохимические барьеры, по А. И. Перельману, комплексируются с гидродинамическими барьерами, по В. Д. Бабушкину (рис. 1) [3, 6]. Барьерные технологии рекомендуется использовать на объектах нефтегазовых предприятий Оренбургской области.

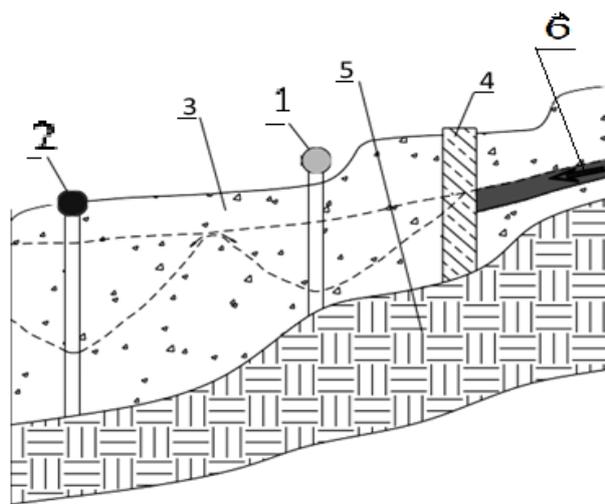


Рисунок 1 – Барьерное устройство перед водозабором пресных подземных вод:  
1 – водозаборная скважина чистых вод; 2 – скважина для дренажа загрязнённых вод;  
3 – водоносный горизонт; 4 – механический барьер в виде стенки из адсорбционного материала, глинобетона или активированного угля; 5 – водоупорные породы;  
6 – поток загрязнённых вод

Для перехвата загрязняющих веществ недалеко от их источников разработана конструкция дренажного устройства (рис. 2) [7, 8]. Зумпфы для сбора загрязняющих веществ и трубы их подводящие предлагаем размещать через 5÷10 м в зависимости от проницаемости пород коллектора. Барьеры, задерживающие вещества от источников загрязнения размещаются недалеко от водоемов. В них формируются в зоне пресных вод поверхности раздела потоков. Эти устройства учитывают особенности формирования и миграции загрязняющих веществ и взаимодействие источников загрязнения с подземными водами. В результате обеспечиваются эксплуатация питьевых вод и откачка загрязнённых для их технического и сельскохозяйственного использования.

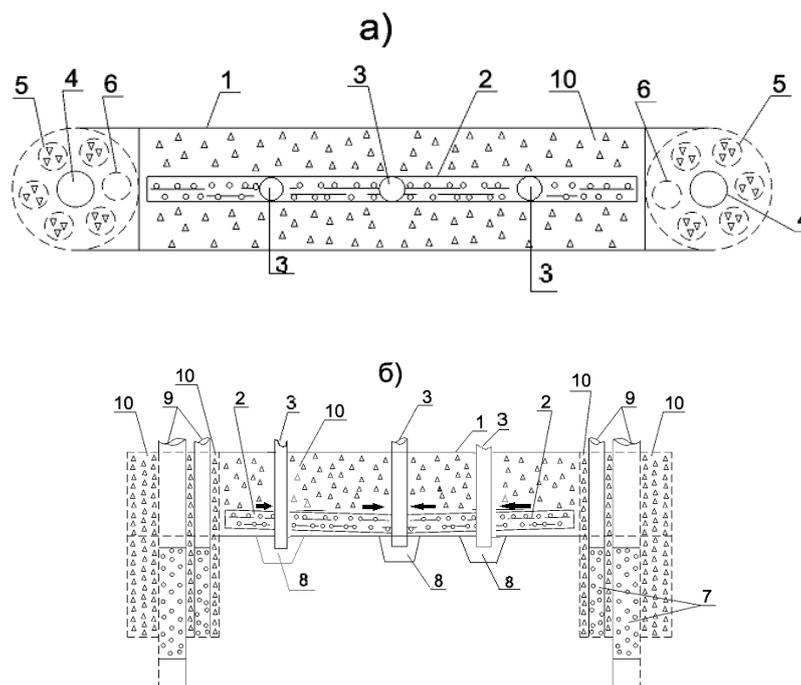


Рисунок 2 – Конструкция совмещённого вертикального и горизонтального дренажа с целью перехвата загрязняющих веществ: а) в плане, б) в разрезе: 1 – горизонтальная горная выработка с дренажной трубой, заполненная щебнем; 2 – дренажная труба с перфорацией; 3 – выводная труба; 4 – эксплуатационные скважины с погружными насосами; 5 – специальные скважины с засыпкой щебнем и составом, зависящим от кислотно-щелочных особенностей загрязнённых вод; 6 – наблюдательная скважина; 7 – интервалы перфорации фильтра в эксплуатационных и наблюдательных скважинах; 8 – зумпф для сбора загрязнённых вод; 9 – обсадные трубы; 10 – щебнистый заполнитель со специальным составом

### Выводы

Дальнейшему экономическому развитию Оренбуржья и его нефтегазовой промышленности препятствуют экологические трудности и дефицит водных ресурсов. В вертикальной зональности платформенных районов Оренбуржья выделяются зоны гидрогенеза, гидрогалогенеза и гидрометагенеза. Залежи углеводородов приурочены к зоне равновесного гидрогалогенеза. Наличие этой зоны в разрезе может свидетельствовать о его перспективности на нефть и газ. Для предотвращения процессов загрязнения, широко распространённых на нефтепромыслах, разработана установка совмещённого вертикального и горизонтального дренажа с целью перехвата и локализации загрязняющих веществ. От ранее разработанной установки она отличается возможностями перехватывать загрязнённые потоки более значительных размеров по фронту и отличающихся по составу загрязняющих веществ от кислых до нейтральных и щелочных. Это позволит эффективно защитить подземные воды нефтепромыслов от загрязнения.

### Список источников

1. Куделина И. В. Влияние разработки Вахитовского нефтяного месторождения на подземную гидросферу // Международный научно-исследовательский журнал, 2021. № 7 (109), Ч. 1, июль. С. 150–153.
2. Куделина И. В. О возможности стабилизировать режим работы водозаборов Оренбургской городской агломерации // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. Бишкек, 2018. № 2. 12 с.
3. Бабушкин В. Д., Гаев А. Я., Гацков В. Г. и др. Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения // Перм. ун-т. Пермь, 2003. 264 с.
4. Гаев И. А. Об условиях сохранения и разрушения залежей углеводородов, на примере районов Предуралья. Сб. научн. трудов, «Тенденции развития науки и образования» по материалам XXI МНПК 25.12.2016. Ч. 2 Изд. НИЦ. С. 44–47.

5. Барьерная роль осадочного чехла платформ в отношении углеводородов на примере Предуралья / А. Я. Гаев, И. В. Куделина, Т. В. Леонтьева, Т. И. Якшина // VII Кудрявцевские чтения: сб. тех. Всерос. конф. по глубинному генезису нефти и газа, 21–23 окт. 2019 г., Москва; М-во науки и высш. образования Рос. Федер. Электрон. дан. Москва: ЦГЭ, 2019. С. 1–6.

6. Гаев, А. Я. Куделина И. В. О барьерных технологиях защиты водных ресурсов от загрязнения // Учёные записки (Номай Донишгох). Серия естественные и экономические науки. 2022. № 2 (61). С. 61–67.

7. Алферов И. Н. Методы защиты геологической среды горнодобывающих районов на основе реализации экологической емкости: автореф. дисс. к. т. н. Пермь: ПГУ, 2005. 23 с.

8. Introduction of advanced water management technologies in the Orenburg mining region / A. Ya. Gaev, P. V. Pankratiev, I. V. Kudelina, T. V. Leontieva // Gornyi Zhurnal. 2022. Vol. 2022, Iss. 9. P. 85–89.

#### References

1. Kudelina I. V. The impact of the development of the Vakhitovskoye oil field on the underground hydrosphere. International Research Journal. 2021;7(109);1:150–153. (In Russ.).

2. Kudelina I. V. On the possibility of stabilizing the operation of water intakes in the Orenburg urban agglomeration. Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan. Bishkek; 2018;2:12.

3. Babushkin V. D., Gaev A. Ya., Gatskov V. G. et al. Scientific and methodological foundations of protection against pollution of water intakes for household and drinking purposes. Perm. un-t. Perm. 2003;264. (In Russ.).

4. Gaev I. A. On the conditions for the preservation and destruction of hydrocarbon deposits, on the example of the regions of the Cis-Urals. Sat. scientific Proceedings, «Trends in the development of science and education» based on the materials of the XXI MNPC 12.25.2016. Ed. SIC. 2:44–47. (In Russ.).

5. Gaev A. Ya., Kudelina I. V., Leontieva T. V., Yakshina T. I. Barrier role of the sedimentary cover of platforms in relation to hydrocarbons on the example of the Cis-Urals. those. Vseros. conf. on the deep genesis of oil and gas, 21–23 Oct. 2019, Moscow. Ministry of Science and Higher Education education Ros. Feder. Moscow: TsGE; 2019:1–6. (In Russ.).

6. Gaev A. Ya., Kudelina I. V. On barrier technologies for protecting water resources from pollution. Uchenye zapiski (Nomai Donishgokh). Series Natural and Economic Sciences. 2022;2(61):61–67. (In Russ.).

7. Alferov I. N. Methods for protecting the geological environment of mining areas based on the implementation of ecological capacity. Abstract diss. Ph.D. Perm: PGU. 2005:23. (In Russ.).

8. Introduction of advanced water management technologies in the Orenburg mining region / A. Ya. Gaev, P. V. Pankratiev, I. V. Kudelina, T. V. Leontieva. Gornyi Zhurnal. 2022;1;9:85–89.

#### Информация об авторах

Гаев И. А. – соискатель кафедры геологии, геодезии и кадастра;  
Куделина И. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра;  
Галянина Н. П. – старший преподаватель кафедры геологии, геодезии и кадастра.

#### Information about the authors

Gaev I. A. – Applicant of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;  
Kudelina I. V. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;  
Galyanina N. P. – Senior Lecturer, Department of Geology, Geodesy and Cadastre.

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 24.12.2022; одобрена после рецензирования 16.01.2023; принята к публикации 03.02.2023.

The article was submitted 24.12.2022; approved after reviewing 16.01.2023; accepted for publication 03.02.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 54–59.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):54–59. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 504.75  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_54

### ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ПЛАСТОВЫХ ВОД СОЛЕНОЙ ФОРМАЦИИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЯ

Ушивцева Любовь Франковна<sup>1✉</sup>, Журавлева Ольга Алексеевна<sup>2</sup>, Ярославцев Илья Олегович<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, г. Астрахань, Россия  
<sup>1</sup>ushivceval@mail.ru✉  
<sup>2</sup>geologi2007@yandex.ru  
<sup>3</sup>ilya13355@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности ионно-солевого и газового состава подземных рассолов, полученных при рапопроявлениях из кунгурских отложений юго-западной части Прикаспийской впадины на примере Астраханского ГКМ и прилегающих территорий. Анализ рапопроявлений свидетельствует, что раннее обнаружение рапы возможно благодаря появлению в буровом растворе в повышенных концентрациях солей кальция и магния наряду с резким изменением скорости проходки, объёма и параметров бурового раствора. Сложность прогноза рапопроявлений заключается в том, что рапонасыщенные внутрисолевыми пласты не имеют площадного распространения, залегают в виде линз с АВПД и трудно коррелируются между скважинами. Установлено, что рассолы многих солеродных бассейнов содержат значительные объёмы водорастворенных газов, в частности, сероводород различного генезиса и микрокомпоненты в повышенных концентрациях. Проанализирована взаимосвязь состава рассолов с литологией пород.

**Ключевые слова:** подземные воды, рассолы, ионно-солевой состав, сероводород, генезис сероводорода, рапопроявления, водорастворенные газы

**Для цитирования:** Ушивцева Л. Ф., Журавлева О. А., Ярославцев И. О. Гидрохимические особенности состава пластовых вод соленой формации юго-западной части Прикаспия // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 54–59. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_54](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_54).

### HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE BRINES COMPOSITION IN THE SALINE FORMATION OF THE PRE-CASPIAN SOUTHWESTERN PART

Lubov F. Ushivceva<sup>1✉</sup>, Olga A. Zhuravleva<sup>2</sup>, Ilya O. Yaroslavtsev<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
<sup>1</sup>ushivceval@mail.ru✉  
<sup>2</sup>oksana\_sharova@mail.ru  
<sup>3</sup>ilya13355@mail.ru

**Abstract.** The article considers the characteristics of ion-salt and gas composition of underground brines sampled during showings from Kungurian deposits in the southwestern part of the North-Caspian depression at the Astrakhan gas-condensate field and adjacent areas. The analysis of brine showings suggests that elevated concentration of calcium and magnesium salts in the drilling mud as well as dramatic change in ROP, mud volume and parameters can be early indicators of brine. The complexity of brine showings prediction lies in the fact that brine-saturated intra-salt formations are not extended laterally, deposited as lenses with AHRP and are difficult to correlate between wells. It has been found that brines of many salt basins contain significant volumes of water-dissolved gases, in particular, hydrogen sulfide of various genesis and micro-components in elevated concentrations. The interrelation of brine composition with rocks lithology has been analyzed.

**Keywords:** groundwater, brines, ion-salt composition, hydrogen sulfide, genesis of hydrogen sulfide, brine showings, water-dissolved gases

**For citation:** Ushivceva L. F., Zhuravleva O. A., Yaroslavtsev I. O. Hydrochemical characteristics of the brines composition in the saline formation of the Pre-Caspian southwestern part. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):54–59. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_54](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_54).

Гидрохимические показатели свидетельствуют о процессах вертикальной миграции растворов, газов и микроэлементов из недр в определённых геологических условиях [3], служат для раннего обнаружения рапы наряду с газометрическими и другими исследованиями, и основаны на выявлении минеральных новообразований, обнаружении аномальных химических элементов, изменении физических и химических свойств пород и флюидов и других признаках.

Характер проявлений миграционных процессов в соленосной толще зависит от её строения. С одной стороны, являясь совершенной покрывкой в области пластового залегания, соль может терять эти свойства при образовании соляных куполов. С другой стороны – подземные воды, генетически связанные с соленосными породами или проходящие через них в процессе миграции, существенно изменяют свой химический облик. Последнее обстоятельство создаёт уникальные возможности для изучения миграционных процессов в разрезе осадочной толщи при наличии соответствующей информации о составе рассолов, что наряду с использованием гидрогеологических и геохимических показателей, геофизических методов можно использовать для поиска природных и техногенных скоплений УВ с использованием состава вод, водорастворённых УВ газов, газов открытых пор и газов сорбированных породой. Важнейшим площадным методом, картирующим «насыщение» коллектора через параметр электропроводности является электроразведка. Геоэлектрическая модель рассолоносных пластов характеризуется более низким сопротивлением за счёт повышенной трещиноватости пластов и большего объёма флюида.

Для юго-западной части Прикаспийской впадины вертикальная разгрузка вод в надсолевой комплекс подтверждается их высокой минерализацией – от триасовых до неогеновых отложений, почти на всей территории, а также проявлением других следов миграции флюидов и газов. Для характеризуемого комплекса характерны пластовые давления, близкие к нормальным гидростатическим, чем они отличаются от аномально высоких пластовых давлений в подсолевых отложениях; отсутствие сероводорода в составе водорастворённых и природных газов [2, 8].

Рапонасыщенные пласты в соленосной толще приурочены к различным частям соляных куполов, коллекторами рапы в которых являются терригенные, терригенно-сульфатные и терригенно-карбонатные внутрисолевые литологические разности, надёжно изолированные в кровле и подошве солями, что одновременно с изменением их по простиранию создало условия для образования изолированных высоконапорных гидродинамических систем. Пластовые высокоминерализованные воды (рапа), не имея разгрузки, находятся в них под аномально высоким пластовым давлением.

Процессы вертикальной миграции в виде зоны разгрузки фиксируются соответствующими гидрохимическими аномалиями, отражающими состав вод соленосных отложений. Химический состав рапы и термобарические условия являются важными параметрами при проектировании скважин (выбор конструкции и параметров бурового раствора) в условиях рапопроявлений.

По имеющим данным бурения, актам на осложнения по рапопроявлениям более чем в трёх десятках скважин АГКМ установлено, что при вскрытии рапонасыщенного межсолевого пласта резко изменяется скорость проходки, объём и параметры бурового раствора, появление в растворе нерастворимых сульфидов, солей магния и кальция в повышенных концентрациях. При поступлении рассола из пласта в ствол скважины полное замещение бурового раствора на рапу происходит в первые 30–40 минут; двухвалентные катионы ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) провоцируют коагуляцию бурового раствора; начинается процесс выпадения солей и образование соляно-шламовых пробок, что часто приводит к самоликвидации рапопроявления и ликвидации скважин.

Так, при рапопроявлении в скважине № 84 АГКМ содержание нерастворимых сульфидов в растворе увеличилось до 128 мг/дм<sup>3</sup>; в скважине № 436 в рапе отмечено повышенное содержание солей калия составляло 5 % и магния – 47 % (обусловлено наличием пласта калийного-магниевого состава подтверждаемого по данным ГИС). В скважине № 617 при вскрытии рапонасыщенного пласта содержание  $\text{Mg}^{+2}$  в буровом растворе увеличилось с 0,62 г/ дм<sup>3</sup> до 3 г/дм<sup>3</sup>; в скважине 1-Кордонная в рассоле содержание солей калия составило 170 г/дм<sup>3</sup>; в скважине № 723 при рапопроявлении содержание солей  $\text{Ca}^{+2}$  составило 2,2 г/ дм<sup>3</sup>,  $\text{Mg}^{+2}$  – 5,2 г/ дм<sup>3</sup> (увеличение в 10 раз); в скважине № 213 при рапопроявлении содержание солей  $\text{Ca}^{+2}$  составило 8,8 г/дм<sup>3</sup>,  $\text{Mg}^{+2}$  – 46,2 г/дм<sup>3</sup>. При бурении интервала 3582–3615 м, представленного тонким чередованием терригенно-карбонатных пород, в скважине № 2091 отмечено увеличение содержания ионов  $\text{Mg}^{+2}$  и  $\text{Ca}^{+2}$  до 4,62 г/дм<sup>3</sup> и 8,08 г/дм<sup>3</sup> (1 проба); 4,9 и 7,6 г/дм<sup>3</sup> соответственно (2 проба) и 3,9 и 3 г/дм<sup>3</sup> (третья проба). Наряду с этим, по данным радиоактивного каротажа при контроле за межколлонными перетоками в скважине № 2091 отмечены аномалии гамма-каротажа 18–30 мкР/час в межсолевых интервалах 3598–3612 м, 3661–3670 м, 3734–3750 м, 3770–3778 м, которые, вероятнее всего, обусловлены притоком пластовых калийсодержащих вод в заколонное пространство. По заключения ГИС интервалы 3466–3480 м, 3480–3484 м, 3582–3615 м, 3740–3752 м насыщены водой (рапой) [11, 12].

Приуроченность рассолов с высоким содержанием хлоридов кальция и магния, обогащение калием, а также вынос калийной соли из скважины 1-Кордонная свидетельствуют о существовании в юго-западной части впадины в кунгурское время отдельных участков бассейна с рапой высокой концентрации, в которых происходило осаждение калийных солей. Наличие калийсодержащих пластов подтверждаются данными химического анализа солей скважин № 606, 2070 (содержание сильвина 15 %) и данными радиоактивного каротажа скважин № 3, 4, 6, 11, 14 Астраханских, 542, 1 Итбайской [11, 12].

Важными компонентами, оставляющими следы миграции в разрезе осадочной толщи, являются водорастворённые газы, являющиеся наиболее эффективными гидрогеологическими показателями нефтегазоносности недр. Наличие растворённых газов в составе рапы подтверждается данными станции ГТИ – выходами газовых пачек, увеличением газопоказаний при вскрытии рапонасыщенных пластов. К сожалению, определение состава водорастворённых газов рапы практически не проводится. По редким имеющимся анализам в составе рапы юго-западной части впадины присутствуют метан, сероводород, тяжёлые углеводороды, углекислый газ и азот.

Как известно, особенностью юго-западной части Прикаспийской впадины является практически полное отсутствие сульфатсодержащих пород и сероводородсодержащих газов в надсолевом комплексе отложений, где разрез представлен преимущественно терригенными породами (за исключением верхнего мела и верхней юры). Как известно, сероводород в разрезах приурочивается к определённым литологическим разностям. Если разрез представлен карбонатными и сульфатными породами, то они являются благоприятными для накопления и сохранения сероводорода, в терригенных породах сероводород отсутствует или имеется в очень малых концентрациях. По отношению к соленосным породам  $H_2S$  инертен, однако при входе в терригенные отложения происходит его активное взаимодействие с породами и водами, содержащими железо и другие тяжёлые металлы [7].

В разрезе надсолевых отложений Прикаспийской впадины, пластовые флюиды находятся в мягких термобарических условиях раскрытых гидрогеологических этажей инфильтрационного типа, в которых формирование залежей высоких концентраций или значительных массовых скоплений сероводорода невозможно.

Исключением являются Бугринское и Воропаевское газовые месторождения, в которых в составе свободного газа нижнетриасовых отложений присутствует сероводород в концентрациях до 5–6 % объёмных. В первоначальном составе пластового газа Бугринского месторождения сероводород отсутствовал. В дальнейшем при бурении скважины отмечен прорыв сероводорода из кепрока соляного купола по разрывным нарушениям, в результате чего, произошло сероводородное заражение газовой залежи и невозможность её эксплуатации. Расположение Бугринского и Воропаевского месторождений на склоне Сарпинского прогиба, наличие разрывных нарушений в своде структур с амплитудой сброса до 100 м, повышенные пластовое давление (28,9 МПа) и температура (92°C) позволяют судить о глубинном происхождении сероводорода из подсолевых отложений и возможно едином источнике с сероводородом Астраханского ГКМ [5]. Свободный сероводород в природных газах надсолевой части разреза, имеет эпигенетичный характер и обусловлен миграцией по нарушенным сбросам соляных куполов, к которым приурочены месторождения. Разбитые сетью разломов соляные купола являются путями миграции флюидов (газы, жидкости, углеводороды) в надсолевой комплекс.

Установлено, что с кепроками в сводовых частях соляных куполов, формирование которых обусловлено перерывами осадконакопления, связаны серопроявления. Именно здесь существуют наиболее благоприятные условия для окисления мигрировавших вверх по разрезу углеводородов и сероводорода сульфатами и кислородом воздуха.

Самородная сера в осадочных толщах зоны гипергенеза, в зоне аэрации и кислородсодержащих водах образуется при взаимодействии сульфатов и органического вещества, или под воздействием сульфатвосстанавливающих бактерий [9]. Таким путём в надсолевом терригенном комплексе могут формироваться скопления вторичных сульфидных минералов. Проявления элементарной серы в надсолевом комплексе отложений обнаружены на соляных куполах Азгир, Отрадненский и Владимирский юго-западной части впадины, которые образовались в результате процесса бактериального восстановления ангидрита и гипса до  $H_2S$ , и дальнейшего его окисления до самородной серы.

При высоких температурах, исключая жизнь жизнедеятельность сульфатредуцирующих бактерий, глубинное происхождение  $H_2S$  приобретает решающее значение, хотя механизм его образования ещё не совсем понятен. В погруженных частях осадочного чехла (где температура достигает 70–80°C и более) образование сероводорода происходит в результате распада сераорганических соединений и химического восстановления сульфатов.

На возможную гидродинамическую связь рассолов межсолевых пластов с флюидами в подстилающих отложениях указывает появление сероводорода в рапе и флюиде филипповских отложений. Так, в скважине № 88 АГКМ в интервале 3546–3552 м при бурении межсолевого пропластка на плотности бурового раствора 1,77–1,86 г/см<sup>3</sup>, началось рапопроявление с дебитом 4,8–3600 м<sup>3</sup>/сут. с наличием сероводорода в количестве 9–54,89 %. При дальнейшем углублении из интервала 3680–3681 м получено газопроявление с ростом давления, при стравливании которого выходил газ с H<sub>2</sub>S, при этом скважиной башкирские отложения ещё не были вскрыты. Аналогичное поступление сероводорода в буровой раствор отмечалось в скважине № 611 при вскрытии филипповских отложений. Факт наличия H<sub>2</sub>S в указанных скважинах объясняется его миграцией из башкирской залежи по разрывным нарушениям, впоследствии залеченных циркулирующими растворами [11].

Активные проявления сероводорода в рапе фиксировались при проходке скважин во многих солеродных бассейнах, Амударьинском [1, 3], Ангаро-Ленском НГБ [4], Бухаро-Хивинском [8, 10], Припятском и др. [7]. В рапе указанных бассейнов содержатся также значительные концентрации микрокомпонентов, в особенности Br, B, Li, Sr и водорастворенных газов [13] (табл. 1).

Таблица – Состав водорастворённых газов в рассолах солеродных бассейнов

Площадь	Скв., №	Состав ВРГ
Прикаспийский Б <sup>13</sup>		
Южно-Плодовитенская	4	сероводород до 20 %, азот и диоксид углерода
Лободинская	264	сероводород до 3400 мг/м <sup>3</sup>
Лободинская	10	сероводород 110,8 мг/м <sup>3</sup>
Молчановская	1	сероводород 86,7 мг/дм <sup>3</sup>
Карасальская площадь	6	метан – 92,7 %, тяжёлые углеводороды – 4,4 %, азот – 1 %; диоксид углерода – 1,8 %, сероводород отс.
Припятский Б		
скв. 7 Припятский АБ		СО <sub>2</sub> – 83,2 об.%, сероводород и метан – 14,7 об. %, азота и редких газов – 1,3 об. %.
Бухаро-Хивинский Б* Чарджоуская ступень <sup>8</sup>		
месторождение Кульбешкак		сероводород – от 99 до 154 мг/дм <sup>3</sup>
месторождение Денгизкуль-Хаузак, Кандымское месторождение		сероводород в пределах от 14 до 537 мг/ дм <sup>3</sup> от 99 до 170 мг/дм <sup>3</sup>
Уртабулакская структура		54 до 400 мг/дм <sup>3</sup>
Амударьинский Б <sup>1</sup>		
скв. Сейрабе, скв. 4 Джурамергене, скв., Ходжамбасе, скв. 7		содержание сероводорода – 1,228 г/дм <sup>3</sup> , 4–1,27 г/дм <sup>3</sup> , 0,62 г/дм <sup>3</sup>
Ангаро-Ленский Б <sup>4</sup>		
скважина 176 Рудовская		концентрация сероводорода в рапе – 6–10 ПДК
скважина 131 Верхоленская		сероводородный рассол с дебитом 700 м <sup>3</sup> /сут.

Причина появления сероводорода в рапе соленосных формаций является дискуссионной. По одной из гипотез, при нарушении герметичности солей в процессе соляного тектогенеза и проявлении тектонических движений в новейшее время, происходило образование локальных зон трещиноватости и трещин, по которым могли проникать рассолы из подсолевых отложений, с последующим взаимодействием с терригенными, сульфатными и карбонатными породами [2, 7, 5].

Формирование сероводорода в подземных водах артезианских бассейнов, их концентрирование и рассеивание определяются гидродинамическими и тесно связанными с ними гидрохимическими условиями и зависит от развития в них сульфатредуцирующих бактерий. Вопросы происхождения сероводорода в подземной гидро- и литосфере уделяли внимание многие исследователи (А. М. Овчинников, В. В. Иванов, Г. Н. Плотникова, А. И. Ривман и др.)

Генезис сероводорода Прикаспийской впадины, по мнению ряда авторов, связывается с различными термокаталитическими процессами – разложением сераорганических соединений (Навроцкий, Сидоров, 1990); абиогенной сульфатредукцией (Максимов С. П. и др., 1985), взаимодействием элементарной серы с водой и УВ; в более глубоких недрах – с восстановлением сульфатов водородом в результате конверсии метана в сульфатно-карбонатных толщах (Козлов А. Л., 1978).

Источники сероводородных вод известны в районе оз. Баскунчак и Эльтон, где они изливаются их апшеронских песков, залегающих на верхнепермских гипсах на берегах озёр. Сероводород здесь имеет микробиальный генезис и его концентрация в водах составляет 0,03 %. Сероводородные воды с содержанием  $H_2S$  до 0,2 % получены в юго-восточной части Прикаспия из песчаников верхнего альба (площадь Туресай); при испытании скважины 1-Акмамык получен приток воды с запахом сероводорода.

Крепкие хлоридные кальциевые рассолы соленосной формации рассматриваемых бассейнов находятся в гидродинамической зоне пассивного водообмена, т.е. в обстановке высокой гидрогеологической закрытости, в которой формирование химического состава рассолов происходит в результате метаморфизации захороненной рапы солеродного бассейна и последующего взаимодействия – катионного обмена при диагенезе с сульфатно-терригенными и карбонатными породами. По мнению ряда исследователей, хлоридные кальциевые рассолы (седиментогенные рассолы) сформировались в результате изменения состава древней морской воды в масштабах геологического времени [2, 5, 7].

*Выводы и рекомендации.* Таким образом, детальное изучение рапоносных горизонтов и состава межсолевых рассолов позволит получить важные сведения о седиментационных и постседиментационных флюидодинамических и гидрохимических процессах, происходящих в разрезе осадочной толщи. Доминирующие в составе рапы макрокомпоненты  $Ca^{+2}$ ,  $K^{+1}$ ,  $Mg^{+2}$  и микрокомпоненты Br, J, Li, Sr могут служить коррелятивами для выявления межгоризонтных перетоков и установления генезиса рапы. Установлено преобладание хлоркальциевых рассолов в солевом и надсолевом разрезе юго-западной части Прикаспия; появление сероводорода в рапе ряда солеродных бассейнов.

#### Список источников

1. Алехин С. Н. Гидрогеологические закономерности формирования рапопроявлений в Амударьинском НГБ. Москва: Геология нефти и газа. 1988. № 11. С. 54–57.
2. Анисимов Л. А. Геохимия сероводорода и формирование залежей высокосернистых газов. Москва: Недра, 1976. 160 с.
3. Гуревич М. С., Беленицкая Г. А., Мишнина Т. А. и др. Закономерности размещения и условия формирования месторождений газовой серы (на примере Амударьинского бассейна). Ленинград: Недра, 1980. 239 с.
4. Вахромеев А. Г., Сверкунов С. А., А. И. Ильин, Поспеев А. В., Горлов И. В. Горно-геологические условия бурения рапопроявляющих зон с аномально высоким пластовым давлением в природных резервуарах кембрия на Ковыктинском газоконденсатном месторождении // Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Новосибирск, Известия Сибирского отделения Российской академии естественных наук. 2016. № 2 (55). С. 74–87. doi 10.21285/0301-108X-2016-55-2-74-87.
5. Веренинова О. Г. Особенности распространения и накопления сероводородсодержащих газов на юго-востоке Восточно-европейской платформы: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.г.м.н. Санкт-Петербург, ВНИГРИ, 1997. 25 с.
6. В. В. Семенович, С. П. Максимов, Р. Г. Панкина и др. Генезис сероводорода Даулетабад-Донмезского газового месторождения // Геология нефти и газа. 1983. № 3. С. 32–37.
7. Гончаров В. С. Закономерности распределения сероводорода в пластовых водах в связи с поисками сероводородсодержащих залежей газа // Формирование, поиски и разведка месторождений газ о конденсатов и газов сложного состава. Москва: ВНИИГАЗ, 1985. С. 132–138.
8. Жураев М. Р. Уточнение гидрогеохимической обстановки при формировании сероводородной воды в Бухаро-Хивинском артезианском бассейне // Региональная геология и металлогения. Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ. 2019. № 79. С. 37–46.
9. Киреева Т. А. Нефтегазопромысловая гидрогеохимия и гидрогеодинамика. Ч. 1. Нефтегазопромысловая гидрогеохимия: учебное пособие. Москва: МГУ, 2016. 217 с.
10. И. В. Кушников, В. Н. Пашковский, Э. Ю. Бегметов и др. Прогноз рапопроявлений в Бухаро-Хивинской области // В кн.: Геология нефтяных и газовых месторождений Западного и Южного Узбекистана. Ташкент. 1972. С. 118–133.
11. Ушивцева Л. Ф., Анисимов Л. А. Рапоносные линзы в соляных породах Западного Прикаспия: распространение, строение, состав. Москва: Газойл, «Газовая промышленность», 2009. С. 47–49.
12. Ушивцева Л. Ф. Геолого-технологические условия проводки скважин в условиях рапопроявлений // НТЖ «Геология, география, глобальная энергия». Астрахань, 2011. № 2. С. 71–74.
13. Новиков В. С., Акулова Р. С., Гриценко И. А., Зорина А. П. Экологически безопасная технология вскрытия рапоносных горизонтов и управления рапопроявлением // Проблемы нефтегазового комплекса России: тез. докл. Всерос. науч.-техн. конф., Уфа, 16–17 нояб., 1995. Уфа, 1995. С. 48–54.

### References

1. Alekhin S. N. Hydrogeological relations of the brine showings formation in the Amudarya oil and gas province. Moscow: *Geology of oil and gas*; 1988;11:54–57. (In Russ.).
2. Anisimov L. A. Geochemistry of hydrogen sulfide and accumulation of sour gases. Moscow: Nedra. 1976:160. (In Russ.).
3. Gurevich M. S., Belenitskaya G. A., Mishnina T. A. et al. Location and sulphur accumulation conditions (case study of the Amudarya basin). Leningrad: Nedra; 1980:239. (In Russ.).
4. Vakhromeev A. G. Sverkunov S. A., Ilyin A. I., Pospeev A. V., Gorlov I. V. Geological conditions of Drilling of brine showing zones having AHRP in natural Cambrian reservoirs at the Kovykta gas condensate field – Geological conditions. *Geology, prospecting and exploration of ore deposits*. Novosibirsk, Proceedings of the Siberian Branch of the Russian Academy of Natural Sciences. 2016;2 (55):74–87. doi 10.21285/0301-108X-2016-55-2-74-87. (In Russ.).
5. Vereninova O. G. Characteristics of distribution and accumulation of hydrogen sulfide-containing gases in the south-east of the East European Platform: abstract of the dissertation in support of candidature of geological and mineralogical sciences: St. Petersburg, VNIGRI. 1997:25. (In Russ.).
6. Semenovich V. V., Maksimov S. P., Pankina R. G., etc. Genesis of hydrogen sulfide of the Daulatabad-Donmez gas field. *Geology of oil and gas*. 1983;3:32–37. (In Russ.).
7. Goncharov V. S. Relations of hydrogen sulfide distribution in reservoir waters during exploration of hydrogen sulfide-containing gas deposits. Accumulation, prospecting and exploration of gas condensates and gases of complex composition. Moscow: VNIIGAZ. 1985:132–138. (In Russ.).
8. Zhuraev M. R. Update of hydrogeochemical environment during accumulation of sulphur water in the Bukhara-Khiva artesian basin. *Regional Geology and Metallogeny*, St. Petersburg, VSEGEL. 2019;79:37–46. (In Russ.).
9. Kushnirov I. V., Pashkovsky V. N., Begmetov E. Yu. et al. Prediction of brine showings in the Bukhara-Khiva region. In the book: *Geology of oil and gas fields of Western and Southern Uzbekistan*. Tashkent. 1972:118–133. (In Russ.).
10. Kireeva T. A. Oil and gas field hydrogeochemistry and hydrogeodynamics. part 1. Oil and gas field hydrogeochemistry Textbook. Moscow: MSU. 2016:217. (In Russ.).
11. Ushivtseva L. F., Anisimov L. A. Cancer lenses in the salt rocks of the Western Caspian: distribution, structure, composition. Moscow: Gasoil, «Gas industry». 2009:47–49. (In Russ.).
12. Ushivtseva L. F. Geological and technological conditions for drilling wells under conditions of rapid development. NTZ «*Geology, Geography, Global Energy*». Astrakhan. 2011;2:71–74. (In Russ.).
13. Novikov V. S., Akulova R. S., Gritsenko I. A., Zorina A. P. Environmentally safe technology for brine-bearing layers and brine showing control. Problems of the oil and gas complex of Russia: Conference abstracts All-Russian scientific technical conference, Ufa, 16–17 Nov., 1995. Ufa. 1995:48–54. (In Russ.).

### Информация об авторах

Ушивцева Л. Ф. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент;  
Журавлева О. А. – ведущий инженер;  
Ярославцев И. О. – студент.

### Information about the authors

Ushivtseva L. F. – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Associate Professor;  
Zhuravleva O. A. – student;  
Yaroslavtsev I. O. – 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 06.12.2022; одобрена после рецензирования 12.01.2023; принята к публикации 02.02.2023.

The article was submitted 06.12.2022; approved after reviewing 12.01.2023; accepted for publication 02.02.2023.

*Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 60–65.*  
*Geology, geography and global energy. 2023;1(88):60–65. (In Russ.).*

Научная статья  
УДК 556.3:551.242(470.56)  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_60

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕДОСТАТОЧНО ИЗУЧЕННОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ ОРЕНБУРЖЬЯ

Галянина Наталья Петровна<sup>1</sup>, Гаев Иван Аркадьевич<sup>2</sup>, Куделина Инна Витальевна<sup>3</sup>✉  
<sup>1,2,3</sup>Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия  
<sup>1</sup>[galyanina@list.ru](mailto:galyanina@list.ru)  
<sup>2</sup>[gayev@mail.ru](mailto:gayev@mail.ru)  
<sup>3</sup>[kudelina.inna@mail.ru](mailto:kudelina.inna@mail.ru)✉

**Аннотация.** Охарактеризованы подземные воды центральной части области от Предуральского краевого прогиба (ПКП) до центральной части Магнитогорского синклиория. Гидрогеологические особенности этой территории взаимосвязаны с особенностями тектонического строения и степенью её обводнённости. Количество осадков в западной части территории значительно больше, чем восточнее Центрально-Уральского поднятия. Эти факторы играют важнейшую роль в формировании подземных вод.

**Ключевые слова:** обводнённость территории, неодинаковое количество осадков на западном и восточном склонах Южного Урала, связь зон сосредоточения подземных вод с тектоническими нарушениями

**Для цитирования:** Галянина Н. П., Гаев А. Я., Куделина И. В. Гидрогеологические особенности недостаточно изученной центральной части территории Оренбуржья // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 60–65. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_60](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_60).

### HYDROGEOLOGICAL FEATURES OF THE INSUFFICIENTLY STUDIED CENTRAL PART OF THE TERRITORY OF ORENBURG REGION

Natalya P. Galyanina<sup>1</sup>, Ivan A. Gaev<sup>2</sup>, Inna V. Kudelina<sup>3</sup>✉  
<sup>1,2,3</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russia  
<sup>1</sup>[galyanina@list.ru](mailto:galyanina@list.ru)  
<sup>2</sup>[gayev@mail.ru](mailto:gayev@mail.ru)  
<sup>3</sup>[kudelina.inna@mail.ru](mailto:kudelina.inna@mail.ru)✉

**Abstract.** The groundwater of the central part of the region from the Pre-Ural regional trough (PKP) to the central part of the Magnitogorsk synclitorium is characterized. The hydrogeological features of this territory are interrelated with the features of the tectonic structure and the degree of its flooding. The amount of precipitation in the western part of the territory is much greater than east of the Central Ural uplift. These factors play a crucial role in the formation of groundwater.

**Keywords:** waterlogging of the territory, unequal amount of precipitation on the western and eastern slopes of the Southern Urals, connection of groundwater concentration zones with tectonic disturbances

**For citation:** Galyanina N. P., Gaev A. Ya., Kudelina I. V. Hydrogeological features of the insufficiently studied central part of the territory of Orenburg region. *Geology, Geography and global energy*. 2023;1(88):60–65. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_60](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_60).

#### Введение

Оренбургская область расположена на южной границе РФ с Казахстаном. Её территория приурочена к регионам Русской платформы и Южного Урала, отделяющего регион от Западно-Сибирской платформы. Регион пересекает 10 структурно-геологических зон (рис. 1) [3, 4].

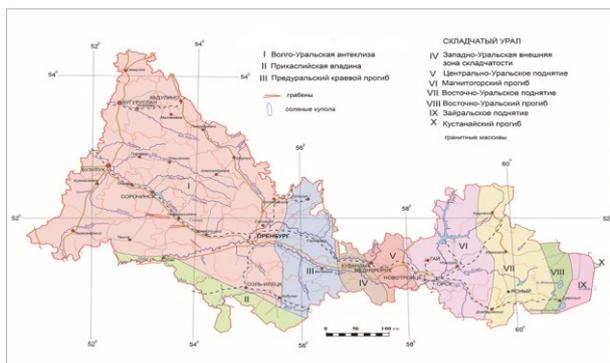


Рисунок 1 – Платформенные и горно-складчатые районы Оренбуржья [4]

Гидрогеологическая складчатая область Южного Урала отделяет Прикаспийский и Волго-Камский бассейны от Западно-Сибирского бассейна. Эта область охватывает центральную часть горного Южного Урала с его восточным склоном, который погружается под отложения Тургайской впадины. Основные геологические структуры региона показаны на рисунке 2.

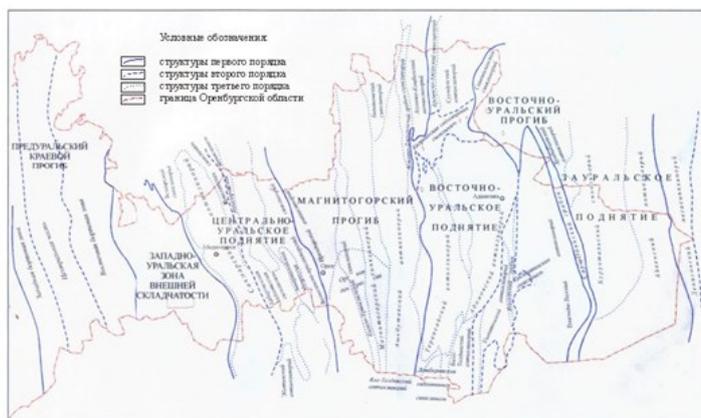


Рисунок 2 – Тектоническая схема строения Южного Урала (по материалам М. Д. Тесаловского)

### Материалы и методы исследований

В ходе исследований проведён анализ материалов территориальных фондов геологических организаций, обобщение полевых исследовательских работ.

### Результаты и обсуждение

С запада область ограничена региональным Сакмарским надвигом от Центрально-Уральского поднятия и передовых складок Урала. Область представлена горными сооружениями, сильно эродированными. Её водоносность обусловлена развитием тектонической трещиноватости и трещиноватостью выветривания в вулканогенно-осадочных, интрузивных и метаморфических породах. Трещинные воды формируют гидрогеологически единый поток, водоносность которого зависит от степени трещиноватости пород и количества атмосферных осадков.

Горные районы в центральной части области приурочены к Центрально-Уральскому антиклинорию с интенсивным водообменом и глубиной циркуляции подземных вод в пределах от 30 до 200 м, а по тектоническим нарушениям – до 300–500 м. Наиболее водообильны зоны тектонических нарушений и контакты интрузий с трещиноватыми эффузивами и другими породами. Менее водообильны сланцы и порфиитоиды. Воды слабо минерализованы. Пресные воды приурочены в основном к скальным породам и выходам их на поверхность. Там же, где скальные породы перекрыты корой выветривания и глинистыми отложениями воды становятся солоноватыми и солёными.

Среди трещинных вод выделяются грунтовые и напорные воды различных глубин. Основное значение в их формировании имеют геолого-структурные, ландшафтно-климатические и геоморфологические факторы. Гидрогеологические особенности территории тесно взаимосвязаны с тектоническими структурами, по которым выделяются гидрогеологические бассейны третьего порядка в пределах Центрально-Уральского поднятия и Магнитогорского прогиба.

Трещинные воды Центрально-Уральского поднятия приурочены к западной части бассейна. Их восточная граница проходит вдоль Ишкининских разломов и полосы развития девонских эффузивов и ультрабазитов Ирэндьковского антиклинория. Западная граница приурочена к Сакмарскому надвигу.

Центрально-Уральское поднятие имеет типичный горный рельеф, с отметками вершин до 550 м. Горы имеют меридиональное простирание с плоско-возвышенным грядовым характером, межгрядовыми глубокими долинами и эрозионными субширотными врезами глубиной до 200 м. Этот район испытывает тектонический подъём с развитием эрозионных процессов. Эрозионные террасы встречены на высоте до 80 м. Питание подземных вод и их сток осуществляется в условиях гор и межгорных понижений с обилием родников, ручьев и рек, что обусловлено значительным количеством атмосферных осадков.

В геологическом строении района участвуют: Сакмарский и Уралтауский антиклинории, Зилаирский и Вознесенско-Присакмарский синклинории и Хабаровинская седловинная синклиналь (рис. 3). Все они ориентированы меридионально, но существенно отличаются по геологическому строению и гидрогеологическим условиям.

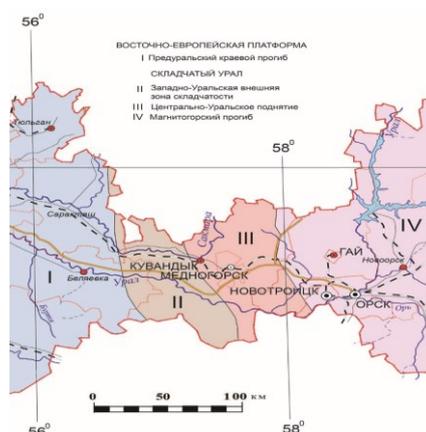


Рисунок 3 – Районы Центральной части Оренбургской области, отличающиеся по геологическим и гидрогеологическим условиям

Они осложнены складками более высокого порядка и ограничены с запада и востока двумя региональными разломами. Антиклинории сложены разнообразными комплексами пород ордовикского, силурийского и девонского возраста: разнообразными метаморфическими сланцами, вулканогенно-осадочными, эффузивными и терригенными породами, которые прорваны интрузиями ультраосновного и основного состава. В Аккермановской грабен-синклинали развиты нижне-каменноугольные закарстованные известняки. Рыхлые образования мелового и палеоген-неогенового возраста выявлены на востоке района, а четвертичные образования – в долинах рек в межгорных понижениях. Водоносность пород палеозоя характеризуется неравномерностью, как и степень их трещиноватости и глубина её распространения, которая в свою очередь, определяется литологическим составом и структурой пород.

В районе широко развиты метаморфические сланцы от верхнего протерозоя до нижнего палеозоя, а так же эффузивные и вулканогенно-осадочные образования от верхнего ордовика до силура. Этими образованиями сложены водоразделы. Глубина залегания подземных вод на водоразделах составляет 12–20 м. Водообильность пород здесь невысокая. Удельный дебит скважин не превышает 0,08–0,25 л/сек., но в тектонически ослабленных зонах возрастает до 2,5–4,2 л/сек. Родники в этих зонах имеют дебит до 1,5–2,5 л/сек. Их можно практически использовать, как и трещинные воды терригенных пород верхнего девона – нижнего карбона Зилаирской свиты. Здесь дебиты родников составляют 0,2–0,6 л/сек., и они представляют интерес для водоснабжения. Исключительный интерес представляют карстовые воды в известняках нижнего карбона. В Аккермановской депрессии они сформировали артезианский бассейн небольших размеров, в котором скважины с дебитом до 50 л/сек. фонтанируют. Однако размеры бассейна составляют порядка 70 км, а запасы ориентировочно оценены в 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Практическое значение для крупного водоснабжения имеет аллювиальный водоносный горизонт в долинах Урала, Сакмары и их притоков [1, 5]. Эксплуатационные запасы на отдельных участках оценены в 50–100 тыс. м<sup>3</sup>/сут., а дебиты скважин – в 10–20 л/сек. Трещинные воды Центрально-Уральского поднятия приурочены к обширной области питания контактирующих

с ними бассейнов. Подземные воды движутся в субмеридиональном направлении, в соответствии с простираем геологических структур. Долины Урала и Сакмары ориентированы субширотно. Они дренируют пресные подземные воды, которые имеют гидрокарбонатно-кальциевый, натриевый и магниевый состав.

Магнитогорский прогиб расположен восточнее Центрально-Уральского поднятия. К нему приурочена долина р. Урала, дренирующая зону Орской и Таналыкской депрессий. Западная граница прогиба проходит по контакту карбонатов Акжаро-Джусинского грабен-синклинория с девонскими эффузивами Ирендыкского антиклинория. А восточная граница Магнитогорского прогиба соответствует восточному контакту указанных карбонатных толщ.

В целом район представляет собой сложный мегасинклинорий, кристаллический фундамент которого испытывает в депрессиях большие погружения. Поверхность района – это типичная денудационная равнина с двухъярусным строением. Цоколь равнины выходит на поверхность в долинах рек и по глубоким оврагам. Пенепленизированная поверхность поднятий, в пределах отдельных тектонических зон, представлена площадями с холмогорьем. Преобладающие в районе абсолютные отметки поверхности составляют 320–360 м при отметках вершин до 400 м и глубине врезов речных долин 80–160 м. В результате поднятий в нижнемеловое время сформировались Ирендыкское и Ащевутацкое холмогорья. Они определили условия формирования и направление движения подземных вод. Длительный подъём положительных структур и прогибание депрессий (Таналыкской и Орской) способствовали развитию разломов, тектонических трещин и трещин выветривания. Положительные структуры и зоны трещиноватости способствовали широкому развитию пресных трещинных вод [1, 5]. В депрессиях формируется застойный режим и солёные воды.

Все геологические структуры имеют субмеридиональное простираем. Наряду с особенностями рельефа, это определяет характер формирования подземных вод. Наиболее обводнены краевые зоны структур, осложнённые региональными нарушениями. Ограниченные ресурсы подземных вод приурочены к вулканогенным и вулканогенно-осадочным образованиям девона, слагающим поднятия Ирендыкское и Ащевутацкое, характеризующиеся слабой трещиноватостью пород. Кроме того, к востоку от хр. Урал-тау по направлению к степям Урало-Тобольского междуречья уменьшается количество атмосферных осадков. Осадочные породы девона и карбона с толщами карбонатов преобладают в строении центральной части Кизило-Уртазымского и Магнитогорского синклинориев. Они погружаются от широты г. Орска на юг в Орскую депрессию, заполненную осадками глинистых пород. Ресурсы трещинно-карстовых и трещинных вод здесь приурочены к речным долинам Урала, Ори, Кумака и др. В Магнитогорском синклинории, вмещающем долину р. Урал, сформировался крупный артезианский бассейн с трещинно-пластовыми водами. Он сложен карбонатными и терригенно-карбонатными породами среднего и нижнего карбона. Они питаются аллювиальными водами р. Урал. В бортах бассейна залегают эффузивы Ащевутацкого и Ирендыкского антиклинориев, так же питающих артезианский бассейн. В эффузивах развит горизонт трещинно-грунтовых вод. Дебиты родников из этого горизонта составляют 0,2–0,5 л/сек., а удельный дебит скважин достигает 2 л/сек. Водообильность несколько возрастает в интрузивных породах восточной части Ащевутацкого антиклинория. Воды бассейна погружаются к югу в Орскую депрессию под мощный глинистый покров юрского возраста, приобретаая напор до 300 м. Удельный дебит скважин составляет 2,4 л/сек. Разгрузка вод бассейна происходит в Мамытской впадине, расположенной южнее. Фонтанирующие здесь скважины имеют дебит до 40 л/сек.

Эксплуатационные запасы аллювиального водоносного горизонта Урала, Ори и Кумака на отдельных участках достигают 300 тыс. м<sup>3</sup>/сут. На таких запасах возможно осуществлять промышленное и городское водоснабжение. Сельскохозяйственные объекты и небольшие поселения можно обеспечивать водой и за счёт трещинных вод. На восточном склоне Урала бассейн трещинных вод приурочен к Урало-Тобольскому водоразделу с Восточно-Уральским поднятием и частично Восточно-Уральским прогибом с Сары-Обинским грабеном, и Зауральским поднятием.

Естественная граница горно-складчатого Урала с Зауральским пенепленом проводится по участку субмеридионального течения р. Урал. Зауралье представлено выступом участка платформы, где складчатое основание залегает на поверхности или на небольшой глубине. Здесь новейшие тектонические движения отличались небольшой амплитудой. Поэтому не произошло сколько-нибудь значительной перестройки рельефа. Большая площадь длительное время испытывала постоянный подъём, служила источником сноса, о чем свидетельствует отсутствие осадков в кайнозойе. Рельеф здесь представлен мелкими сопками и небольшими поднятиями, соответствующими антиклинориям: Текельды-Таускому, Суундукскому, Адамовскому, Айкенскому. Мелкосопочник склонов образован небольшими останцами с выходами на поверхность эффузивных и метаморфических пород. Зауральский пенеплен имеет абсолютные отметки

280–400 м. В его пределах формируются верховья рек Кумак, Камсак, Суундук с большим количеством суходолов. Реки с небольшими узкими долинами весьма маловодны. На Зауральском поднятии реки почти отсутствуют. Водный сток осуществляется к бессточным, большим озёрным впадинам Шелкар-Ега-Кара, Жетыколь, испарение здесь в три раза больше количества осадков [6].

Восточно-Уральское поднятие отвечает границам Мугоджарского антиклинория с западной границей по восточному борту Акжаро-Джусинского грабен-синклинория. Восточная граница его проходит по западному контуру Сары-Обинского грабена. В целом восточный склон бассейна трещинных вод на Южном Урале отличается развитием подземных вод в интрузивных породах палеозоя. На Зауральском поднятии количество интрузивных тел насчитывается до нескольких десятков. Это – верхнедевонские граниты, гранито-гнейсы и грано-диориты, а так же верхне-силурийские и нижне-средне-девонские гипербазиты с сопутствующими им габброидами [7]. Все интрузии приурочены к антиклинальным структурам и их ядрам, не имея площадного развития. Они образуют отдельные изолированные массивы, как правило возвышающиеся над территорией их развития. Каждый массив образует свою структуру с отличными от других составом, морфологическими и тектоническими особенностями. Степень трещиноватости определяет возможности накопления и формирования подземных вод. Формирование трещиноватости связано с тектоническими процессами и развитием выветривания, которое зависит от состава интрузивных пород. Особенно подвержены выветриванию гипербазиты, по которым формируется глинистая кора выветривания.

На Южном Урале тела интрузий обычно залегают на возвышенных участках [7]. В континентальный период мезозоя они интенсивно разрушались, и рыхлый материал заполнял формирующиеся депрессии. В средне-четвертичный период в условиях тектонического подъёма территории активизировались эрозионные процессы. Интрузивные породы в отличие от других пород более водо-обильны и в нашем районе содержат пресные воды гидрокарбонатно-натриевого состава. Они сосредоточены в трещинных локальных зонах, связанных с тектоническими разломами и в бортовых частях речных долин. Это преимущественно пресные воды с минерализацией до 1 г/л, по составу гидрокарбонатно-натриевые и реже хлоридно-натриевые. Благодаря слабой расчленённости рельефа дренирование подземных вод незначительное. Дебиты отдельных родников составляют не более 0,2–0,5 л/сек., но в тектонически нарушенных зонах достигают 1–10 л/сек. Скважины в этих зонах имеют дебит до 24 л/сек. На Восточно-Уральском поднятии в пределах интрузий гранитоидов, а так же ультраосновного и основного состава разведаны месторождения подземных вод, запасы которых составляют до 5 тыс.м<sup>3</sup>/сут. (Киембаевское, Шильдинское, Акташское, Обалы-Кольское и др.).

На Восточно-Уральском поднятии интерес так же представляют трещинные воды в гнейсах. Среди их вод встречены пресные воды гидрокарбонатно-натриевые и кальциевые. Родники имеют дебит 0,7–2 л/сек., а скважины дают до 4 л/сек. По результатам разведки на Славенском месторождении, запасы его определены в 4000 м<sup>3</sup>/сут. Другие породы района обводнены слабо, содержат хлоридно-натриевые воды с высокой минерализацией.

#### **Выводы:**

Рассмотренные центральные районы Оренбургской области отличаются по геологическим и гидрогеологическим условиям. Горные районы приурочены к Центрально-Уральскому антиклинорию с интенсивным водообменом и глубокой циркуляции подземных вод. Наиболее водо-обильны зоны тектонических нарушений и контакты интрузий, воды слабо минерализованы. Питание подземных вод и их сток осуществляется в условиях гор и межгорных понижений с обилием родников, ручьев и рек, что обусловлено значительным количеством атмосферных осадков.

Магнитогорский прогиб расположен восточнее Центрально-Уральского поднятия, район представляет собой сложный мегасинклинорий, кристаллический фундамент которого испытывает в депрессиях большие погружения. В Магнитогорском синклинории, вмещающим долину р. Урал, сформировался крупный артезианский бассейн с трещинно-пластовыми водами.

Зоны сосредоточения подземных вод формируются в связи с тектоническими нарушениями территории и количеством атмосферных осадков. Эти факторы и определяют степень обводнённости территории.

#### **Список литературы**

1. Алфёрова Н. С. Теоретические основы и методика исследований техногенных систем гидросферы горнорудных районов (на примере Гайского района и сопредельных территорий): автореф. дисс. к.т.н. Перм. ун-т: Пермь, 2006. 20 с.
2. Гацков В. Г., Козлов Н. Ф., Лукиных А. В. Системы мониторинга окружающей среды и недр нефтегазоносных территорий. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 2011. 144 с.
3. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. / Под ред. д. г.-м. наук Пантелеева А. С. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1997. 272 с.

4. Гидрогеология СССР. Том XLIII (Оренбургская область) / Е. И. Токмачева. Москва: Недра, 1972. 272 с.
5. Погосян Ю. М. Гидрогеологические исследования природно-технических систем (на примере района Гайского медно-колчеданного месторождения): автореф. дисс. на соискание ученой степени к.г.-м.н. Пермь, 2014. 20 с.
6. Гаев А. Я., Погосян Ю. М., Галянина Н. П., Савилова Е. Б. Исследование экологического состояния природных вод Оренбургской области // Вода: химия и экология. 2012. № 3. С. 3–9.
7. Галянина Н. П., Петрищев В. П. Особенности формирования гранитоидных массивов в Оренбургской секторе Уральской складчатой системы // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2021. С. 882–888.

#### References

1. Alferova N. S. Theoretical Foundations and Methods for Researching Technogenic Systems of the Hydrosphere of Mining Regions (on the Example of the Gaisky District and Adjacent Territories). Abstract diss. Ph.D. Perm. un-t: Perm. 2006:20. (In Russ.).
2. Gatskov V. G., Kozlov N. F., Lukinykh A. V. Systems for monitoring the environment and subsoil of oil and gas areas. Orenburg: Orenburg book publishing house; 2011:144. (In Russ.).
3. Geological structure and oil and gas potential of the Orenburg region. / Ed. d.g.-m. Sciences Panteleeva A. S. Orenburg: Orenburg book publishing house; 1997:272. (In Russ.).
4. Hydrogeology of the USSR. Volume XLIII (Orenburg region) / E. I. Tokmacheva. Moscow: Nedra; 1972:272. (In Russ.).
5. Pogosyan Yu. M. hydrogeological studies of natural and technical systems (on the example of the area of the Gaisky copper-pyrite deposit). Abstract diss. for the degree of Ph. D. Perm. 2014:20. (In Russ.).
6. Gaev A. Ya., Pogosyan Yu. M., Galyanina N. P., Savilova E. B. Study of the ecological state of natural waters in the Orenburg region. *Water: chemistry and ecology*. 2012;3:3–9. (In Russ.).
7. Galyanina N. P., Petrishchev V. P. Features of the formation of granitoid massifs in the Orenburg sector of the Ural folded system. University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the All-Russian Scientific and Methodological Conference; Orenburg. state un-t. Orenburg: OGU; 2021:882–888. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Галянина Н. П. – старший преподаватель кафедры геологии, геодезии и кадастра;  
Гаев И. А. – соискатель кафедры геологии, геодезии и кадастра;  
Куделина И. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геодезии и кадастра.

#### Information about the authors

Galanina N. P. – Senior Lecturer of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;  
Gaev I. A. – Applicant of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre;  
Kudolina I. V. – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogical), Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Cadastre.

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 24.12.2022; одобрена после рецензирования 16.01.2023; принята к публикации 03.02.2023.

The article was submitted 24.12.2022; approved after reviewing 16.01.2023; accepted for publication 03.02.2023.

*Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 66–70.*  
*Geology, geography and global energy. 2023;1(88):66–70. (In Russ.).*

Научная статья  
УДК 556.3:553.98  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_66

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Сергеев Андрей Олегович<sup>1✉</sup>, Бармин Александр Николаевич<sup>2</sup>,  
Болдырев Владислав Владимирович<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, Астрахань, Россия  
<sup>1</sup>sergo777899@mail.ru ✉  
<sup>2</sup>abarmin60@mail.ru  
<sup>3</sup>vladbolydyrev1993@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются гидрогеологические особенности при подборе методов увеличения нефтеотдачи. МУН являются одними из современных способов оптимизации эксплуатации месторождений нефти. Подбор оптимального метода увеличения нефтеотдачи является сложным этапом, так как зависит от множества факторов, влияющих на конечный эффект от МУН. Одним из таких параметров является совместимость пластовой и закачиваемой вод. В работе анализируется гидрогеология Западносибирского мегабассейна, приводится анализ, наиболее чувствительных к гидрогеологическим особенностям, методов увеличения нефтеотдачи. Также в работе рассмотрены требования к нагнетаемой жидкости.

**Ключевые слова:** методы увеличения нефтеотдачи, добыча нефти, разработка и эксплуатация месторождения, заводнение

**Для цитирования:** Сергеев А. О., Бармин А. Н., Болдырев В. В. Гидрогеологические особенности проектирования методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях Западной Сибири // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 66–70. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_66](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_66).

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

Andrey O. Sergeev<sup>1✉</sup>, Alexander N. Barmin<sup>2</sup>,  
Vladislav Vladimirovich Boldyrev<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
<sup>1</sup>sergo777899@mail.ru  
<sup>2</sup>abarmin60@mail.ru  
<sup>3</sup>vladbolydyrev1993@gmail.com

**Abstract.** This article is discussed hydrogeological features in the selection of methods for increasing oil recovery. EOR methods are ones of the smart ways to optimize the development of oil fields. The selection of the optimal method for enhanced oil recovery is a difficult stage, because it depends on many factors affecting the final effect of the EOR methods. One of these parameters is the compatibility of reservoir and injected water. This article is analyzed the hydrogeology of the West Siberian megabasin, and provided an analysis of the methods of increasing oil recovery that are most sensitive to hydrogeological features. The paper also is considered the requirements for the injected fluid.

**Keywords:** methods of increasing oil recovery, oil production, field development and operation, flooding

**For citation:** Sergeev A. O., Barmin A. N., Boldyrev V. V. Hydrogeological features of designing methods for enhanced oil recovery in the fields of Western Siberia. *Geology, geography and global energy. 2023;1(88):66–70. (In Russ.).* [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_66](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_66).

Методы увеличения нефтеотдачи (МУН) – один из основных современных способов оптимизация эксплуатации месторождений нефти и газа. Данный факт обуславливается особыми осложнёнными условиями залегания полезных ископаемых, особенно на месторождениях Западной Сибири. К таким негативным факторам можно отнести следующее: высоковязкую нефть, пластовую неоднородность, наличие механических примесей, суровые климатические

условия и многое другое. МУН позволяют повысить коэффициент нефтеотдачи (от 2 до 30 %), являющийся основным показателем при проектировании месторождений углеводородов [5].

Западно-Сибирский нефтегазоносный мегабассейн относится к огромной асимметричной впадине, представлен площадью порядка 3 млн. км<sup>2</sup>. С точки зрения вертикального геологического разреза, он состоит из песчано-глинистых отложений мезозойско-кайнозойского периода с мощностью до 3,5 км в центральной части и более чем 5–7 км в северных. Состав фундамента выражен двумя этажами. Верхний включает в себя осадочные и вулканогенные образования. Нижний – докембрийскими и палеозойскими породами. Разрез осадочного чела отличается образованиями высокой неоднородности: сочетаниями песчаных и глинистых пород. Стоит отметить, что месторождения Западной Сибири на протяжении 50 лет считаются основной базой добычи углеводородов в России. Это подчёркивает необходимость дальнейшего изучения и оптимизации разработки и эксплуатации данных объектов. С учётом недостаточной изученности данной территории, были определены 9 продуктивных и 3 перспективных нефтегазоносных комплексов (апт-сеноманский, триасовый, нижнесреднеюрский и другие) и разработаны многие известные месторождения (Уренгойское, Самотлорское, Заполярное и т.д.) [4].

К основным гидрогеологическим строениям Западносибирского мегабассейна относятся: палеозойский, мезозойский, апт-альб-сеноманский, неокомский, юрский. Рассмотрим некоторые из них.

Палеозойский гидрогеологический бассейн достаточно плохо изучен в настоящее время. Он имеет следующие геологические особенности:

- отсутствие гранулярных коллекторов, лишь их трещинные карство-жильные разности, образовавшиеся в результате различных тектонических процессов;

- резко отличающиеся гидродинамические режимы, что, в свою очередь, привело к гидравлической разобщённости с крайне изменчивой водонасыщенностью, сохраняющейся по глубине;

Таким образом, можно сделать вывод, что гидродинамические условия данного бассейна достаточно сложные.

Мезозойский гидрогеологический бассейн характеризуется только порово-пластовыми коллекторами. Если проанализировать геологические сведения, то можно определить данный объект как гетерогенный. В настоящее время гидрогеология мезозойского бассейна близка к артезианскому, так как характеризуется накоплениями песчаного материала и процессами инфильтрационного водообмена. Первоначальные пластовые давления практически равны гидростатическим, однако есть и зоны, отличающиеся аномальными термобарическими характеристиками. Можно отметить, однородность гидрогеохимических условий по глубине, в связи с равномерным увеличением общей минерализации. В целом, мезозойский гидрогеологический бассейн является сложным гидрогеологическим объектом с различными тектоническими и геодинамическими условиями [7].

Следует подчеркнуть, что современные гидрогеологические структуры ЗСМБ отличаются продолжительным и непростым путём зарождения и развития. Унаследование древних структур сочетается с их преобразованием с течением времени. Это, в свою очередь, определило особенности вещественного состава и пластовых характеристик водонасыщенных образований, своеобразную гидрогеодинамическую ситуацию.

При проектировании методов увеличения нефтеотдачи важно учитывать гидрогеологические особенности месторождения. Различают несколько классификаций МУН, базирующиеся на определённых принципах (воздействие на пласт, закачиваемый рабочий агент, характер физико-химических процессов в пласте). В зависимости от нагнетаемого рабочего агента различают следующие МУН:

- гидродинамические;
- тепловые;
- физико-химические;
- газовые;
- микробиологические.

Прежде чем определить, какой метод использовать, необходимо проанализировать свойства залегающих пласта, физико-химические характеристики и параметры пластовых жидкостей и газов. Именно эти факторы влияют на эффективность применения МУН. Гидрогеологические особенности месторождения наиболее существенно влияют на те методы, при которых необходимо учитывать совместимость пластовой и закачиваемой воды. Рассмотрим некоторые из них.

Использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) как добавку к нагнетаемой воде позволяет повысить коэффициент нефтеотдачи за счёт снижения поверхностного натяжения и изменения краевого угла смачивания.

Поверхностная активность ПАВ обусловлена строением их молекул, которые имеют асимметричную структуру, состоящую из полярных и неполярных групп. Неполярной и нерастворимой в воде частью молекулы являются гидрофобный алкильный, арильный или алкиларильный радикал, а полярную водорастворимую часть представляет полиэтиленгликолевый или пропиленгликолевый остаток.

Различие деления ПАВ на ионогенные и неионогенные состоит в разной способности диссоциировать в водном растворе. В свою очередь, ионогенные делятся на анионоактивные и катионоактивные. Основной особенностью неионогенных ПАВ является способность образовывать нерастворимые или малорастворимые осадки кальция и магния. Неионогенные ПАВ обладают большей поверхностной энергией, т.е. способностью интенсивного снижения поверхностного натяжения на границе раздела фаз. Важным их свойством является способность растворяться без остатка в композициях различного солевого состава.

Смачиваемость считается сложной функцией свойств жидкости и породы, она зависит от свойств нефти, минералогических параметров пласта и от адсорбции молекул углеводородов на поверхности минералов. Адсорбционные процессы связаны с изменением концентрации адсорбента на границе системы твёрдое тело-раствор. В результате чего, может образоваться тонкая плёнка, которая представляет собой межфазную зону перераспределения вещества. Плёнка нефти на поверхности минералов формируется за счёт явления адсорбции активных составляющих нефти. Её вытеснение с твёрдой гидрофильной поверхности происходит за счёт разрыва водой, в которой растворены ПАВ.

Процесс сорбции ПАВ выражается уравнением Гиббса:

$$A_{(c)} = -\frac{c}{RT} \frac{\partial a}{\partial c},$$

где  $c$  – концентрация вещества в водной фазе;

$R$  – газовая постоянная;

$T$  – температура;

$a$  – поверхностное натяжение.

Стоит отметить, что с увеличением концентрации ПАВ величина поверхностного натяжения снижается [3].

Изотерма сорбции Ленгмюра:

$$A_{(c)} = A_{np} \frac{K_C}{1 + K_C},$$

где  $A_{(c)}$  – предельное значение адсорбции ПАВ;

$K$  – константа адсорбционного равновесия.

Изотерма сорбции Ленгмюра подразумевает наличие определённого количества активных центров, все адсорбированные элементы реагируют только с центрами адсорбции и не взаимодействуют между собой.

На процесс адсорбции влияют следующие факторы:

- удельная поверхность породы;
- минералогический состав породы и воды;
- температура.

ПАВ следует применять в неоднородных коллекторах гидрофобного типа, при обработке призабойной зоны нагнетательных скважин, в плотных глинистых коллекторах или в неоднородном карбонатном коллекторе. При этом солёность пластовой воды должна быть менее 10 г/л, а пластовая температура не более 50 градусов Цельсия [1].

В общем виде выделяют следующие факторы, влияющие на применимость того или иного МУН:

- глубина залегания продуктивного горизонта;
- тип коллектора;
- мощность пласта;
- пористость;
- проницаемость;
- нефтенасыщенность;
- пластовая температура;
- вязкость пластовой нефти;
- солёность пластовой воды.

При проектировании МУН с нагнетанием воды, необходимо учитывать совместимость пластовой и закачиваемой жидкости. Например, промышленные сточные воды содержат более сотни различных химических элементов (механические примеси, частицы нефтепродуктов, фенолы и др.). Очень важно проведение качественной подготовки такой жидкости, в противном

случае можно получить загрязнение околоскважинной зоны, кольматацию приёмной зоны ствола скважины, формирование и отложение солей в пласте, коррозии оборудования и т.д.

В общем случае вода для закачки в пласт должна отвечать требованиям, регламентированным в методическом руководстве «Гидрогеоэкологический контроль на полигонах закачки промышленных сточных вод» РД 51-31323949-48-2000 и ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству».

К основным факторам качества нагнетаемых вод относят:

- содержание механических примесей не более 300 мг/дм<sup>3</sup>;
- содержание нефтепродуктов не выше 150 мг/дм<sup>3</sup>;
- содержание сероводорода не более 15 мг/дм<sup>3</sup>;
- неагрессивность сточных вод (коррозионная активность сточных вод не более 0,2 мм/год);
- набухаемость глин не должна быть более чем в пластовой воде;
- совместимость пластовой и нагнетаемой воды по осадкообразователям (снижение фильтрационной способности пласта не более 20 %).

На практике пластовая и нагнетаемая жидкости считаются совместимыми, если количество осадка, образовавшегося при их взаимодействии, не более значения, установленного по ГОСТ 39-255-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Определение совместимости закачиваемых и пластовых вод по кальциту и гипсу расчётным методом», с учётом коллекторских характеристик пласта. Если при смешении пластовых и закачиваемых (утилизируемых) вод содержание образовавшегося осадка превышает указанные нормативы, то делается вывод о химической несовместимости этих вод.

Таким образом, при проектировании МУН особенно важно учитывать гидрогеологические особенности пласта, так как это значительно влияет на эффективность применения технологий. Например, отрицательная совместимость пластовой и закачиваемой воды может не только к вышерассмотренным негативным последствиям, но и в целом к неверным выводам по применению технологии МУН (неверно подобранный МУН, неверно рассчитана концентрация ПАВ и другое).

#### **Список источников**

1. Базив В. Ф. Экспертно-аналитическая оценка эффективности систем разработки нефтяных месторождений с заводнением. Москва: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2007. 369 с.
2. Дейк Л. П. Практический инжиниринг резервуаров. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2008. 668 с.
3. Еремин Н. А., Золотухин А. Б., Назарова Л. Н. и др. Выбор метода воздействия на нефтяную залежь: учебное пособие. Москва: ГАНГ им. И. М. Губкина, 1995. 190 с.
4. Ковяткина Л. А. Зональность техногенеза Западно-Сибирского мегабассейна // Материалы 4-ой Всероссийской научно-практической конференции «Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна». Тюмень: изд-во «Вектор бук», 2006. 208 с.
5. Курчиков А. Р., Матусевич В. М., Ставицкий Б. П. Ретроспектива и перспектива развития гидрогеологических исследований в Западной Сибири // Методы повышения эффективности разработки нефтяных месторождений в завершающей (четвертой) стадии. Москва: НП НАЭН, 2008. 354 с.
6. Материалы 19-ого совещания по подземным водам Востока России. Тюмень: Тюменский Дом печати, 2009. С. 81–86.
7. Матусевич В. М., Курчиков А. Р., Семенова Т. В., Павленко О. Л. Нефтегазовая гидрогеология Западно-Сибирского мегабассейна. Тюмень: ТюмГНГУ, 2008. 100 с.

#### **References**

1. Baziv V. F. Expert and analytical evaluation of the efficiency of oil field development systems with flooding. Moscow: JSC «VNIIOENG»; 2007:369. (In Russ.).
2. Deik L. P. Practical tank engineering. Moscow-Izhevsk: Institute of Computer Research; 2008:668. (In Russ.).
3. Eremin N. A., Zolotukhin A. B., Nazarova L. N., etc. The choice of the method of impact on an oil deposit: Textbook. Moscow: I. M. Gubkin GANGES; 1995:190. (In Russ.).
4. Kovyatkina L. A. Zonality of technogenesis of the West Siberian megabasin. Materials of the 4th All-Russian Scientific and Practical conference «Geology and oil and gas potential of the West Siberian megabasin». Tyumen: publishing house «Vector Book»; 2006:208. (In Russ.).
5. Kurchikov A. R., Matusevich, V. M., Stavitsky, B. P. Retrospective and prospects for the development of hydrogeological research in Western Siberia. Methods for improving the efficiency of oil field development in the final (fourth) stage. Moscow: NP NAEN; 2008:354. (In Russ.).

6. Materials of the 19th meeting on groundwater in the East of Russia. Tyumen: Tyumen Press House; 2009:81–86. (In Russ.).

7. Matusевич V. M., Kurchikov A. R., Semenova T. V., Pavlenko O. L. Oil and gas hydrogeology of the West Siberian megabasin. Tyumen: TSOGU; 2008:100. (In Russ.).

Информация об авторах

Сергеев А. О. – аспирант;  
Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор;  
Болдырев В. В. – аспирант.

Information about the authors

Sergeev A. O. – post-graduate student;  
Barmin A. N. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor;  
Boldyrev V. V. – post-graduate 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 30.11.2022; одобрена после рецензирования 10.01.2023; принята к публикации 02.02.2023.

The article was submitted 30.11.2022; approved after reviewing 10.01.2023; accepted for publication 02.02.2023.

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

---

*Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 71–78.  
*Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):71–78. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 338.483  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_71

**СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОДНОЙ РЕКРЕАЦИИ И ТУРИЗМА  
НА ТЕРРИТОРИИ ПРИКАСПИЯ**

Безуглова Марина Сергеевна<sup>1✉</sup>, Крыжановская Галина Викторовна<sup>2</sup>,  
Шарова Ирина Сергеевна<sup>3</sup>, Иолин Михаил Михайлович<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия  
<sup>1</sup>marinadenis@yandex.ru ✉  
<sup>2</sup>GalaJim@mail.ru  
<sup>3</sup>is\_sharova@mail.ru  
<sup>4</sup>miolin76@mail.ru

**Аннотация.** Прикаспий – это историко-географическое название территории, прилегающей к Каспийскому морю – озеру. Находясь на стыке Европы и Азии издревле был окружён поселениями различных народов, привлечённых природным разнообразием ресурсов и транспортными преимуществами данной территории. Каспийское море омывает берега пяти прибрежных государств: Казахстан на востоке, Иран на юге, Туркменистан на юго-востоке, Азербайджан на юго-западе, Россию на западе, севере и северо-западе. Все перечисленные страны с разной степенью интенсивности используют природные ресурсы Каспия, в том числе энергетические, биологические, рекреационные и пр. На прилегающих к Каспийскому морю территориях располагаются реки и озёра, которые тоже имеют свой рекреационный потенциал. В статье рассматриваются современное состояние и перспективы развития водной рекреации и туризма на Каспии и прилегающих к нему территорий. Предложена типология современных видов водной рекреации и туризма.

**Ключевые слова:** водная рекреация; туризм; Каспийское море; туристско-рекреационные ресурсы; туристско-рекреационный потенциал

**Для цитирования:** Безуглова М. С., Крыжановская Г. В., Шарова И. С., Иолин М. М. Современные аспекты развития водной рекреации и туризма на территории Прикаспия // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 71–78. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_71](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_71).

**MODERN ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF WATER RECREATION AND TOURISM  
IN THE CASPIAN REGION**

Marina S. Bezuglova<sup>1✉</sup>, Galina V. Kryzhanovskaya<sup>2</sup>, Irina S. Sharova<sup>3</sup>, Mikhail M. Iolin<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
<sup>1</sup>marinadenis@yandex.ru ✉  
<sup>2</sup>GalaJim@mail.ru  
<sup>3</sup>is\_sharova@ya.ru  
<sup>4</sup>miolin76@mail.ru

**Abstract.** The Caspian Sea is the historical and geographical name of the territory adjacent to the Caspian Sea – lake. Being at the junction of Europe and Asia, since ancient times it was surrounded by settlements of various backgammon, attracted by the natural diversity of resources and transport advantages of this territory. The Caspian Sea washes the shores of five coastal states: Kazakhstan in the east, Iran in the south, Turkmenistan in the southeast, Azerbaijan in the southwest, Russia in the west, north and northwest. All the listed countries use the natural resources of the Caspian Sea with varying degrees of intensity, including energy, biological, recreational, etc. Rivers and lakes are located on the territories adjacent to the Caspian Sea, which also have their own recreational potential. The article discusses the current state and prospects for the development of water recreation

and tourism in the Caspian Sea and adjacent territories. A typology of modern types of water recreation and tourism is proposed.

**Keywords:** water recreation; tourism; Caspian Sea; tourist and recreational resources; tourist and recreational potential

**For citation:** Bezuglova M. S., Kryzhanovskaya G. V., Sharova I. S., Iolin M. M. Modern aspects of the development of water recreation and tourism in the Caspian region. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):71–78. (In Russ.). [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_71](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_71).

### Введение

Каспийское море находится на перекрёстке Азии и Европы и является уникальным гидрологическим объектом, так как является крупнейшим на планете замкнутым водоёмом, который классифицируют как самое большое бессточное озеро, названное морем из-за своих размеров, (примерно 390 тыс. кв. км), глубине (до 1025 м), солёности и геологической структуре дна (имеет кору океанического типа).

Условно море разделяется на северную, среднюю и южную части. Каспий территориально объединяет своей акваторией каспийские государства, которые исторически тесно связаны торгово-экономическими и культурными связями. Относительно высокое разнообразие рекреационных ресурсов, высокий туристско-рекреационный потенциал обозначенной территории позволяет развивать различные виды туризма.

Разнообразие природной среды побережья Каспийского моря, включающее в себя каменистые и песчаные пляжи, заливы и проливы, речные системы и озёра, залежи минеральных вод и лечебных грязей, что в целом формирует условия для организации и развития водных видов туризма и рекреации.

Уникальные водные рекреации, курорты, располагающиеся на побережье Каспийского моря, потенциально имеют возможность ежегодно принимать более миллиона туристов в год. Для реализации этих возможностей необходимо восстанавливать разрушенную или создавать с нуля туристскую инфраструктуру. В настоящее время проблема по изучению конкурентных преимуществ туристского потенциала водной рекреации и туризма исследована недостаточно.

Методологической основой данного исследования составляют опубликованные труды отечественных и зарубежных авторов в области исследования туризма изучаемого района, а также собственные исследования авторов. В статье использовались методы: анализ литературных источников, исторический, методы системного анализа, дедукции, статистический и пр.

**Объект.** Береговая линия Каспийского моря тянется примерно 7000 км, из которых на территорию Российской Федерации приходится участок длиной 695 км на севере и северо-западе. Низменный берег на севере водоёма изрезан множеством протоков р. Волги, которые образуют большое количество полуостровов и островов, зарослей и заболоченных участков. Достаточно обширные дельтовые ландшафты сформированы в местах впадения рек Сулак и Терек (рис. 1).



Рисунок 1 – Каспийские государства и их акватории по побережью Каспийского моря

В Каспий из реки Волги поступает около 80 % воды. Зимой Каспийское море покрывается льдом только на северных участках, примерно на два месяца в году. Летом по всему побережью отмечаются высокие температуры воды и воздуха, сопровождающиеся небольшим количеством осадков.

Солёность воды постепенно увеличивается с севера на юг, по мере удаления от дельты р. Волги, где она не выше одного процента, в районе Среднего Каспия, у побережья Дагестана равняется примерно двенадцати процентам.

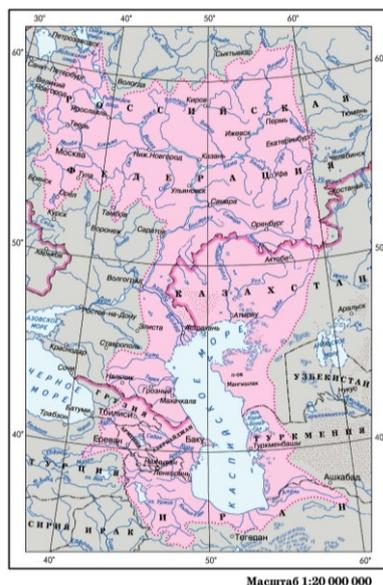


Рисунок 2 – Карта бассейна Каспийского моря

Глубины водоёма увеличиваются с севера на юг. На севере глубина в среднем не превышает четырёх с половиной метров (максимальной является отметка в 27 метров), в средней части примерно двести метров, а максимальные глубины южной части более километра.

Примерно 20 % части Северного Каспия является мелководной с глубинами не более одного метра. 788 метров имеет глубину Дербентская впадина, относящаяся к Средней части моря, а в южных районах распространены наибольшие глубины. Водосборный бассейн Каспийского моря занимает площадь около 3 625 000 км<sup>2</sup>, куда входят реки Волга, Урал, Терек, Кура, Самур, Сулак (рис. 2) [5].

**Методы исследования.** Согласно классификации видов рекреационной деятельности водный тип рекреации выделяется согласно характеру привлечения рекреационных ресурсов [6].



Рисунок 3 – Схема классификации видов рекреационной деятельности

Рекреационная деятельность (отдых местного населения) и развитие туризма (отдых приезжих туристов) базирующиеся на водных (гидрологических) ресурсах территории является водной рекреацией и туризмом [10].

На основе собранных материалов была разработана схема классификации водной рекреации и туризма (рис. 4).

Практически всё побережье характеризуется благоприятными для развития купально-пляжной рекреации ландшафтами, летними тёплыми Каспийскими водами, лечебно-оздоровительными ресурсами. В северной части побережья развитие купально-пляжной рекреации осложнено распространением дельтового типа ландшафта, с многочисленными устьями, мелководными протоками, сильноизменчивыми природными условиями. Разнообразие водных видов туризма позволяет задействовать различные типы водных объектов.

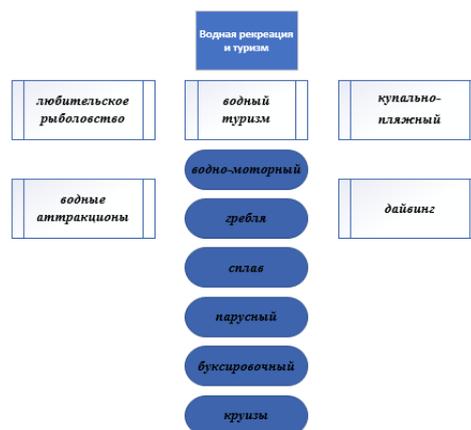


Рисунок 4 – Схема классификации видов водной рекреации и туризма (по Безугловой М. С.)

Наиболее развитым направлением является купально-пляжная рекреация. Разные ландшафты Прикаспия имеют различную степень пригодности для формирования сектора купально-пляжного туризма. Это не только приморские пляжи, но и речные системы Волги, Урала, Терек, Сулак и др., которые тоже могут быть использованы для купально-пляжной рекреации, а некоторые озёра уже активно используются для отдыха, например, солёное озеро Баскунчак.

**Результаты.** В процессе проведения анализа территории околводных морских ландшафтов для целей обустройства пляжей и других акваторий для купания учитываются:

- продолжительность благоприятного купального сезона;
- скорость течения;
- литологический состав грунтов побережья и донных отложений на мелководье;
- водная растительность;
- ширина мелководной зоны до глубины 1,2 м;
- уклон берега и пр.

Эти и другие характеристики позволяют выставить баллы и оценить пригодность территории для развития купально-пляжной рекреации.

Таким образом, ильменно-бугровой ландшафтный район Астраханской области РФ имеет низкий потенциал развития купально-пляжной рекреации, а пляжи Казахстана и Туркменистана достаточно большие возможности для создания конкурентоспособной купально-пляжной инфраструктуры.

Отметим, что важной гидрологической характеристикой территории в зоне купания является режим уровней, уклон реки. По системе оценок пляжей наибольшее количество баллов среди ландшафтов Астраханской области приходится на Южную пойму реки Волги. Её пригодность для купально-пляжного туризма оценивается в 9 баллов. Столь высокая оценка обусловлена наличием большого количества береговых участков, которые пригодны для организации купания, обширной мелководной зоной (в среднем 8 км от линии берега) и столь же обширной зоной купания (в среднем 1 км от берега), и крупнозернистому песку, которым обильно засыпан верхний слой этого ландшафта. Зоны купания характеризуются отсутствием мелководной растительности и водорослей. К тому же этот ландшафт имеет большой эстетический потенциал, что обусловлено его пейзажным разнообразием.

Развивают с различной интенсивностью купально-пляжный туризм Казахстан, Азербайджан, Туркменистан, Иран и Российская Федерация в пределах Республики Дагестан и Астраханской области.

**Любительское рыболовство** второе по популярности рекреационное направление и активно развивающийся вид туризма. Каспий богат рыбой. В водоёме обнаружено более 100 видов рыб, а по общим запасам осетровых лидирует в мире, так как является местом обитания примерно 90 % представителей этого семейства. В Каспийском море-озере водится как пресноводная рыба, так и обитатели солёных вод. По мере увеличения солёности вод в южном направлении меняется и водная фауна. Этот вид туризма, с максимально ориентированной и развитой инфраструктурой, активно развивается в пределах поймы и дельты реки Волги. В Астраханской области традиционно развито любительское рыболовство, поэтому тысячи рыбаков со всего мира съезжаются в регион на ловлю рыбы. По всему побережью Каспия предлагаются варианты

организации рыбалки для туристов, но специализированные рыболовные базы наиболее распространены в дельте р. Волги.

**Водный туризм** – это и спортивная дисциплина, а также активный вид отдыха туристов, заключающийся в прохождении различными способами разнообразных маршрутов по воде. Водоёмами для организации отдыха и путешествий могут быть озёра, реки, моря и водохранилища, а используемые плавательные средства самые различные. Водные прогулки и многодневные походы приобретают всё большую популярность как разновидность семейного отдыха. По некоторым видам сплавов проводятся различные турниры. Может использоваться в качестве развлечения для туристов, как отдельный вид рекреационной деятельности.

Развиваются на Каспии и водноспортивные виды рекреации и отдыха. **Водно-моторные виды спорта** снабжают туризм различными видами развлечений. Для развлечения и перемещения туристов используют катера, аквабайки, гидроциклы, водные мотоциклы и пр. Однако, для такой поездки необходимо удостоверение на право управления маломерными судами, поэтому чаще туристы катаются на них в качестве пассажиров.

**Гребля** – это развивающееся вид водной рекреации и всё активнее задействуется в туризме. Заливы, реки и озёра наибольшим образом подходят для развития гребли. В Астраханской области развитию гребельного спорта и рекреации способствуют широкая акватория реки, относительно небольшая скорость водотока (2–6 км/ч) малое количество опасных для гребцов обитателей, небольшая сила волн (2–3 балла) и незначительный уклон реки – 0,06 %. Так, например, в пределах Астраханского государственного биосферного заповедника предлагаются речные экологические маршруты на каноэ и байдарках. На них можно передвигаться по городским каналам и в мелкой прибрежной зоне. В последние годы стал активно развиваться *сапсёрфинг*. Это вид спорта, напоминающий сёрфинг с веслом. На таких досках медленно перемещаются по любым водным объектам, так как они подходят и для плавания по стоячей воде, и для движения по небольшим волнам.

**Парусные виды спорта** становятся всё более популярными видами отдыха и развлечений для туристов во всём мире. Активно развивается в Астраханской области водно-парусный спорт, который зародился в 1896 году, когда был создан астраханский яхт-клуб для любительского, увеселительного мореплавания. Яхтинг является популярным туристско-рекреационным развлечением, неспешные речные прогулки под парусами привлекают туристов. Отметим, что для организации парусного спорта площадь используемой акватории должна быть не меньше чем 3–4 км<sup>2</sup>, т.е. могут быть использованы озёра, реки и морские акватории. Большие и малые парусные суда достаточно сложны в управлении и требуют определённых умений и навыков, поэтому если туристы не имеют опыта управления парусными судами, то могут перемещаться на таком судне только в качестве пассажиров.

Традиционными и инновационными видами водной рекреации постоянно пополняется перечень туристско-рекреационных развлечений. На прибрежных акваториях туристы развлекаются *кайтсёрфингом* (катание на доске при помощи ручного пароплана), *виндсёрфингом* (катание на специальной доске, оснащённой для устойчивости специальными плавниками-стабилизаторами и парусом, установленным по её центру), *вейкбордингом* (катание на специальной доске за катером при помощи верёвки), *водными лыжами* (катание на водных лыжах за катером при помощи верёвки), *сёрфингом* (катание на волнах на специальных лёгких досках), *парасейлингом* (полёт на парашюте, буксируемом катером), *буксировочным катанием на надувных водных аттракционах* и пр., которые чаще всего организуются вблизи оборудованных пляжей. Распространены почти на всех развитых каспийских пляжах. Интересны оригинальные проекты по развитию водной рекреации и туризма, например, сплав на плотках, надводные и подводные отели и рестораны, путешествия на каноэ, гондолах катамаранах, тримаранах и пр., подводные дайвинг экскурсии, дайвинг фото и видео туры.

**Дайвинг** – это подводное плавание, в том числе с различными приспособлениями: аквалангом, ребризером, маской, трубкой, ластами и пр. Для мелководного дайвинга не требуется особых навыков, практически любой человек может освоить этот вид рекреационной деятельности, но для экстремальных погружений (глубоководное, подлёдное, на затонувшие объекты и т.д.) нужно получить специальное разрешение и допуск. Обычно новички могут погружаться на глубину не более 40 м. Для этого вида рекреации главным фактором развития является прозрачность воды. Наиболее популярными направлениями спортивного дайвинга в Астраханской области являются подводная видеосъёмка, подводная фотоохота и подводная охота. Подводная охота требует наличие специального ружья, заряжаемое гарпуном.

**Круизы** на теплоходах по реке Волга остаются пока единственной реальной возможностью для туристов путешествовать по территории Прикаспийской Низменности в формате круиза. Проект первого круиза по Каспию пока не реализован, но он способен стать мощным импульсом

для развития каспийского круизного туризма, а так же круизного туризма во всём волжском бассейне [4].

Разрабатывается десятидневный международный круизный маршрут, с посещением городов-портов пяти стран: Россия – г. Астрахань, Азербайджан – г. Баку, Иран – г. Бендер-Энзели и Ноушехр, Туркменистан – г. Туркменбаши и Казахстан – г. Актау. Пока решаются проблемные моменты с развитием портовой инфраструктурой в Махачкале и Дербенте, которые пока не совсем приспособлены для того, чтобы принимать круизные туристические суда, но это решаемые проблемы (рис. 5) [11].

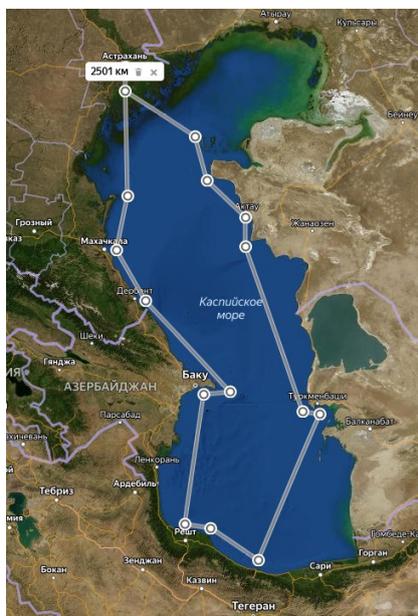


Рисунок 5 – Примерный маршрут планируемого круиза по Каспийскому морю

Международный круиз добавляет туристских формальностей для туристов и прибавляет обязательное наличие некоторых туристских документов. Например, для россиян, желающих отправиться в круиз по Каспийскому морю необходимо иметь заграничный паспорт, действующий на срок не менее 90 дней для въезда в Казахстан; действующие визы в Иран и Туркменистан, иметь препятствий для выезда за границу [9].

На международный круиз непосредственное влияние оказывает соблюдение туристских формальностей. Во-первых, часть россиян не имеет права покидать пределы РФ, во-вторых, оформление заграничного паспорта и получение виз для посещения Ирана и Туркменистана обусловлено дополнительными расходами для потенциальных покупателей этого круиза.

Туристские формальности регулируются на международном уровне. Для увеличения турпотока и упрощения туристских формальностей нужно взаимно содействие нескольких стран участников. Так, на ежегодном Каспийском саммите, возможно достичь определённых договорённостей, между странами, что туристы круиза, прибывающие в прикаспийские государства через морские и речные порты, получают разрешение на нахождение в городах – портах без виз в течение 72 часов [3].

На территории Российской Федерации уже действует такое правило для иностранцев, прибывающих в Россию на круизном судне. Такая договорённость значительно упростила бы визовые формальности для всех иностранцев, так как круизные компании будут продвигать круиз по Каспию не только на российском внутреннем рынке, но также и иностранном [8].

Таким образом, при разработке круизного маршрута можно предполагать, что проект круиза по Каспийскому морю будет являться экономически выгодным проектом. Во-первых, круиз по Каспию это уникальный и инновационный туристский продукт на рынке, во-вторых, теплоход «Пётр Великий», который специально перестроен для этого маршрута, сделан по международным высоким стандартам, категория «премиум». Его оснастили технической мощностью для морских и речных круизов. В-третьих, круиз по Каспийскому морю – это международный проект, а значит может служить важным инструментом для привлечения иностранных туристов и укреплении международных отношений прикаспийских государств [2].

Берега Каспийского моря характеризуется благоприятными для развития купально-пляжной рекреации ландшафтами, летними тёплыми Каспийскими водами, лечебно-оздоровительными ресурсами и пр. Расположенные в пределах этих территорий реки и озёра имеют высокий туристско-рекреационный потенциал, но процесс развития туризма в этих странах имеет свои особенности. [1] Для всех Прикаспийских государств перспективными видами туризма являются: купально-пляжный, круизный, лечебно-оздоровительный событийный и др. виды туризма. Каспийское побережье обладает высоким туристско-рекреационным потенциалом, который в настоящее время существенно недоиспользуется, но при этом уровень безопасности для туристов в этих странах высок, что привлекает туристов со всего мира. Существенным толчком в развитии туризма будет организация круизного сообщения по акватории Каспийского моря [7].

Предложенная система классификации водных видов туризма и рекреации аккумулирует все современные подходы к развитию водной рекреации. В дальнейшем, при появлении новых видов водной рекреации данная классификация будет скорректирована.

Практическая значимость исследования заключается в том, что данные исследования помогут скорректировать существующие программы развития туризма, а также разрабатывать региональные инфраструктурные программы по туризму с учётом развития предложенных водных видов рекреации и туризма и туристско-рекреационную деятельность в Прикаспии в целом.

#### Список источников

1. Безуглова М. С., Иолин М. М. Устойчивое развитие и сотрудничество государств Каспийского региона. Географические науки региональное образование [Текст]: материалы Второго регионального научно-практического семинара. 25 марта 2009 года / сост.: В. В. Занозин, А. З. Карабаева, М. М. Иолин. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. С. 78–80.
2. Боринских Л. А., Воронова О. В. Перспективы развития круизного туризма по Каспийскому озеру // Актуальные исследования. 2020. № 22 (25). С. 131–134. URL: <https://apni.ru/article/1495-perspektivi-razvitiya-kruiznogo-turizma> (дата обращения 17.10.2022).
3. Информационный портал речных и морских круизов Круиз Инфо // Мостурфлот: новые перспективы развития круизов на Каспии – 2020. URL: <http://kruiz-info.ru/novosti/novosti-kompanij/4777-mosturflot-novye-perspektivy-razvitiya-kruizov-na-kaspii> (дата обращения 17.10.2022).
4. Карабаева А. З., Бикчураева А. И., Ююков С. С. Геоэкологическая оценка состояния акватории реки волги на территории Нижнего Поволжья. Геология, география и глобальная энергия. № 2 (85). Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2022. С. 74–84.
5. Каспийское море. URL: <https://urochishe.ru/vodnyie-obektyi/kaspiyskoe-more/> (дата обращения 17.10.2022).
6. Каспийское озеро. Характеристика. Расположение, площадь, происхождение, факты – 2020. URL: <https://touristam.com/kaspiyskoe-ozero.html> (дата обращения 17.10.2022).
7. Маршруты и планы каспийских круизов «Петра Великого». URL: <https://www.atorus.ru/news/press-centre/new/41857.html> (дата обращения 17.10.2022).
8. Отправят за море. URL: <https://rg.ru/2019/03/05/reg-ufo/kak-v-rossii-budut-razvivat-kruiznyj-turizm-na-volge-i-kaspii.html> (дата обращения 17.10.2022).
9. Официальный сайт круизной компании «Мостурфлот» – 2020. URL: <https://www.mosturflot.ru/> (дата обращения 17.10.2022).
10. Официальный сайт Ростуризма // Глава Ростуризма провел совещание по развитию речного и морского круизного туризма в Каспийском регионе – 2020. URL: <https://tourism.gov.ru/news/14473/> (дата обращения 17.10.2022).
11. Перспективы развития круизного туризма по Каспийскому озеру. URL: <https://apni.ru/article/1495-perspektivi-razvitiya-kruiznogo-turizma> (дата обращения 17.10.2022).

#### References

1. Bezuglova M. S., Iolin M. M. Sustainable development and cooperation of the Caspian region states. Geographical sciences regional education: materials of the Second regional scientific and practical seminar. March 25, 2009. / comp.: V. V. Zanozin, A. Z. Karabaeva, M. M. Iolin. Astrakhan: Publishing House «Astrakhan University»; 2009:78–80. (In Russ.).
2. Borinskikh L. A., Voronova O. V. Prospects for the development of cruise tourism on the Caspian Lake. Actual research; 2020;22(25):131–134. URL: <https://apni.ru/article/1495-perspektivi-razvitiya-kruiznogo-turizma> (accessed 17.10.2022). (In Russ.).
3. Information portal of river and sea cruises Cruise Info. Mosturflot: new prospects for the development of cruises in the Caspian Sea – 2020. URL: <http://kruiz-info.ru/novosti/novosti-kompanij/4777-mosturflot-novye-perspektivy-razvitiya-kruizov-na-kaspii> (accessed 17.10.2022). (In Russ.).

4. Karabaeva A. Z., Bikchuraeva A. I., Yuyukov S. S. Geocological assessment of the state of the Volga river water area in the Lower Volga region. *Geology, geography and global energy*. Astrakhan: Publishing House «Astrakhan University»; 2022;2(85):74–84. (In Russ.).
5. The Caspian Sea. URL: <https://urochishe.ru/vodnyie-obektyi/kaspiyskoe-more> (accessed 17.10.2022). (In Russ.).
6. Caspian Lake. Characteristic. Location, area, origin, facts – 2020. URL: <https://touristam.com/kaspiyskoe-ozero.html> (accessed 17.10.2022). (In Russ.).
7. Routes and plans of the Peter the Great Caspian cruises. URL: <https://www.atorus.ru/news/press-centre/new/41857.html> (accessed 17.10.2022). (In Russ.).
8. Will be sent overseas. URL: <https://rg.ru/2019/03/05/reg-ufo/kak-v-rossii-budut-razvivat-kruiznyj-turizm-na-volge-i-kaspii.html> (accessed 17.10.2022). (In Russ.).
9. The official website of the cruise company «Mosturflot» – 2020. URL: <https://www.mosturflot.ru>. (accessed 17.10.2022). (In Russ.).
10. Official website of Rostourism. The Head of Rostourism held a meeting on the development of river and sea cruise tourism in the Caspian region – 2020. URL: <https://tourism.gov.ru/news/14473/> (accessed 17.10.2022). (In Russ.).
11. Prospects for the development of cruise tourism on the Caspian Lake. URL: <https://apni.ru/article/1495-perspektivi-razvitiya-kruiznogo-turizma> (accessed 17.10.2022). (In Russ.).

#### Информация об авторах

- Безуглова М. С. – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, картографии и геоинформатики;  
Крыжановская Г. В. – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, картографии и геоинформатики;  
Шарова И. С. – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, картографии и геоинформатики;  
Иолин М. М. – кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой географии, картографии и геоинформатики.

#### Information about the authors

- Bezuglova M. S. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Department of Geography, Cartography and Geoinformatics;  
Kryzhanovskaya G. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Department of Geography, Cartography and Geoinformatics;  
Sharova I. S. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Department of Geography, Cartography and Geoinformatics;  
Iolin M. M. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Head of the Department of Geography, Cartography and Geoinformatics.

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 20.10.2022; одобрена после рецензирования 21.11.2022; принята к публикации 16.12.2022.

The article was submitted 20.10.2022; approved after reviewing 21.11.2022; accepted for publication 16.12.2022.

*Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 79–85.  
*Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):79–85. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 551.4.08  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_79

### **ОПЫТ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА СНИМКОВ В ТЕПЛОМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ**

Прядилина (Морозова) Александра Владимировна<sup>1✉</sup>, Чеснокова Ирина Васильевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Институт водных проблем Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>1</sup>Aleksandra.v.morozova@yandex.ru ✉

<sup>2</sup>ichesn@rambler.ru

**Аннотация.** Анализ тепловых структур урбанизированных территорий и оценка их влияния на окружающие объекты является важной задачей антропогенной геоморфологии. В статье проанализирована возможность использования кластерного анализа снимков в тепловом инфракрасном диапазоне, полученном в холодный сезон года на территорию г. Мурманска, для изучения тепловых структур природных и антропогенных территорий. Снимки, полученные в холодный сезон года, выбраны исходя из предположения, что в этот период влияние суммарной солнечной радиации на интенсивность теплового излучения объектов земной поверхности минимально, что даёт возможность не только изучить тепловые структуры антропогенных объектов, которые сами являются источниками тепла, но и оценить границы их влияния на окружающие природные геосистемы.

**Ключевые слова:** тепловая структура, кластерный анализ, г. Мурманск, урбанизированные территории, антропогенная геоморфология, космические снимки, тепловой инфракрасный диапазон

**Для цитирования:** Прядилина (Морозова) А. В., Чеснокова И. В. Опыт кластерного анализа снимков в тепловом инфракрасном диапазоне // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 79–85. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_79](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_79).

### **EXPERIENCE IN CLUSTER ANALYSIS OF IMAGES IN THE THERMAL INFRARED RANGE**

Aleksandra V. Pryadilina (Morozova)<sup>1✉</sup>, Irina V. Chesnokova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Water problem institute Russian Academy of sciences, Moscow, Russia

<sup>1</sup>Aleksandra.v.morozova@yandex.ru ✉

<sup>2</sup>ichesn@rambler.ru

**Abstract.** Analysis of urban areas thermal structures and its assessment impact on the surrounding objects is an important task of anthropogenic geomorphology. This article analyzes the possibility of using a cluster analysis of an image in the thermal infrared range, obtained in cold season of the year on the territory of Murmansk, for the study of thermal structures of natural and anthropogenic territories. The images taken in the cold season of the year were selected based on the assumption that during this period the effect of total solar radiation on the intensity of objects thermal radiation on the earth's surface is minimal. It makes possible not only to study the thermal structures of anthropogenic objects, which are the sources of heat themselves, but also to assess the boundaries of their influence in the surrounding natural geosystem.

**Keywords:** thermal structure, cluster analysis, Murmansk, urbanized territories, anthropogenic geomorphology, satellite images, thermal infrared range

**For citation:** Pryadilina (Morozova) A. V., Chesnokova I. V. Experience in cluster analysis of images in the thermal infrared range. *Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):79–85. (In Russ.). [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_79](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_79).

### **Введение**

Город Мурманск расположен в северо-западной части Российской Федерации на скалистом восточном побережье Кольского залива Баренцева моря. Это самый крупный город мира за Полярным кругом. Общая площадь города составляет 154,4 км<sup>2</sup> (сюда входит часть акватории Кольского залива площадью 13,5 км<sup>2</sup>, и береговая линия более 10 км). Население Мурманска более 270 тысяч человек (на 2021 г.). Это один из крупнейших портов России, незамерзающий благодаря тёплому Северо-Атлантическому течению. Мурманск является одним из крупнейших городов Российского сектора Арктики, центром Кольской опорной зоны, в котором расположена база атомного ледокольного флота России [16].

Техногенные физические поля являются результатом воздействия человека на окружающую геологическую среду и оказывают влияние на формирование антропосферы [3].

Городские территории являются особой геоморфологической системой. Они могут рассматриваться как реальный физический объект, для которого справедливы все законы физики [2]. Функционирующая геоморфологическая система является результатом переноса вещества, энергии и информации, с помощью разного рода взаимодействий [13].

Из всего разнообразия геофизических (природных) и техногенных (искусственных) физических полей наибольшее влияние на городские территории и их жителей оказывают: электромагнитное, акустическое (в слышимом и ультразвуковых диапазонах), вибрационное, тепловое и радиационное поля [12].

Целью настоящей работы явился анализ пространственной статистики снимков в тепловом инфракрасном диапазоне (на территорию г. Мурманска в холодный сезон года).

Холодный сезон года выбран исходя из предположения, что в этот период влияние суммарной солнечной радиации на интенсивность теплового излучения объектов земной поверхности минимально, что даёт возможность не только изучить тепловые структуры антропогенных объектов, которые сами являются источниками тепла, но и оценить границы их влияния на окружающие природные геосистемы.

В качестве инструмента для статистического анализа снимков была использована неконтролируемая классификация (кластеризация) данных дистанционного зондирования, которая широко применяется для решения различных географических задач [1,7–10, 14, 15, 17, 18].

Известно, что разносезонные снимки в тепловом инфракрасном диапазоне применяются для анализа городского острова тепла и тепловой структуры городских территорий. Анализ разносезонных снимков в тепловом диапазоне позволяет не только выявить основные тепловые аномалии, как положительные (промышленные зоны), так и отрицательные (лесные массивы), оценить их устойчивость во времени и пространстве, но и выявить территории подверженные «тепловому загрязнению» [4, 5].

**Методы исследования.** Основными материалами для исследования стали снимки в тепловом инфракрасном диапазоне, полученные съёмочной системой Landsat-8. Пространственное разрешение снимков в тепловом инфракрасном диапазоне 100 метров.

Снимки в тепловом инфракрасном диапазоне фиксируют интенсивность теплового излучения подстилающей поверхности. Таким образом, данные тепловой съёмки дают возможность сделать выводы о том, какие объекты, запечатлённые на снимке, интенсивнее излучают тепловую энергию, и, соответственно, какие объекты нагреты сильнее.

Первым этапом работы явился анализ доступного фонда снимков, которые покрывают территорию города Мурманска. Главными условиями применимости тепловой съёмки для такого рода исследований явились:

1. Отсутствие облачного покрова над территорией исследования, так как облачность оказывает значительное влияние на перераспределение теплового излучения;
2. Погодные условия в даты съёмки должны быть проанализированы на предмет их отличия от средних многолетних показателей для того, чтобы исключить те материалы, которые были получены в нетипичные по метеорологическим условиям для рассматриваемого периода дни.

Согласно своду правил «Строительная климатология» [11] для г. Мурманска характерна положительная среднемесячная температура с мая по октябрь месяц включительно, отрицательная среднемесячная температура – с ноября по апрель месяц.

Авторам был проведён анализ доступного фонда космической съёмки с 2014 по 2022 годы, который показал, что безоблачные снимки на территорию города в холодный период года были получены 19 марта 2014, 22 марта 2015, 28 февраля 2016, 31 марта 2016, 20 марта 2017, 7 марта 2018 и 16 марта 2022.

В итоге, для дальнейшего кластерного анализа был выбран актуальный снимок, полученный 16 марта 2022 года. На этом снимке отсутствуют облака, температура воздуха в этот день,

согласно календарю погоды, была отрицательной, территория была покрыта снежным покровом. Для дальнейшей работы выбранный снимок был обрезан по кадастровой границе г. Мурманска.

Вторым этапом работы явилось создание классификации, выполненной на основе статистического анализа яркостных характеристик пикселей снимков. Все пиксели изображения были разделены на заданное количество кластеров исходя из значений интенсивности теплового излучения. Известно, что главная задача кластеризации – объединить пиксели в кластеры таким образом, чтобы внутри кластеров значения интенсивности теплового излучения были схожи и при этом выделенные кластеры не пересекались между собой.

После создания схем кластеризации было определено соответствие выделенных кластеров объектам земной поверхности с использованием дополнительной имеющейся информации.

Существует несколько подходов к определению оптимального количества кластеров. Одним из них является экспертный метод, когда специалист, исходя из знаний изучаемой территории, визуально оценивает разные варианты кластеризации и выбирает тот, при котором границы кластеров соотносятся с границами изучаемых объектов. Такой подход часто используется при дешифрировании растительности [6]. Однако, когда речь идет о тепловых полях, при выборе оптимального количества кластеров, нельзя исходить из предположения, что их границы совпадают с границами объектов, которые запечатлены на снимке.

Для определения оптимального количества кластеров в работе был использован «метод локтя». В рамках этого метода происходило разделение всех пикселей снимка на определенное количество кластеров. Для каждого кластера рассчитывалась сумма квадратов внутрикластерных расстояний. По мере увеличения количества кластеров происходило уменьшение суммы квадратов внутрикластерных расстояний.

**Результаты.** После завершения расчёта построен график зависимости суммы квадратов внутрикластерных расстояний от количества кластеров. На графике определена точка, в которой происходит резкое уменьшение значения по оси ординат. Количество кластеров, соответствующее этой точке, является оптимальным для выбранного снимка. Для фрагмента снимка на территорию города Мурманска, согласно «методу локтя», оптимальным является выделение 4 кластеров (рис. 1).

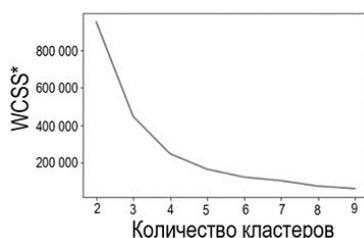


Рисунок 1 – График зависимости суммы внутрикластерных расстояний от количества кластеров (\*WCSS – Within Cluster Sum of Squares)

Для того, чтобы определить то, на сколько интенсивности теплового излучения пикселей разных кластеров отличаются друг от друга, использовался такой показатель, как центр кластера – среднее значение яркости внутри кластера.

Результат кластеризации с выделением 4 кластеров проиллюстрирован на рисунке 2.

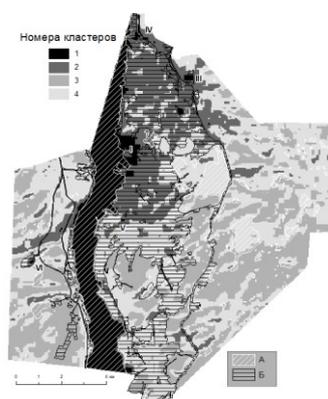


Рисунок 2 – Результат кластеризации с выделением 4 кластеров. А – водные объекты, Б – объекты промышленности, застройка, зоны транспорта

Первому кластеру (среднее значение интенсивности теплового излучения 108,2) соответствуют объекты с максимальной интенсивностью теплового излучения – незамерзающая акватория Кольского залива за счёт обогревающего влияния течения Гольфстрим. Сюда относятся также объекты городской инфраструктуры, являющиеся техногенными источниками тепла (на рисунке 2: I – территория Мурманского морского порта, II – теплоэлектроцентраль, III – горнолыжный комплекс «Южный склон», IV – территория судоремонтного завода, V – энергетическое предприятие Мурманская Горэлектросеть, VI – закрытый полигон твёрдых бытовых отходов).

Второй кластер (среднее значение интенсивности теплового излучения 102,97) частично совпадает с застроенной территорией, с объектами транспорта и промышленными зонами. Пиксели этого кластера выходят за границы урбанизированных территорий. Направления распространения пикселей этого кластера повторяют формы рельефа местности, что хорошо видно на рисунке 3.

Третий кластер (среднее значение интенсивности теплового излучения 99,3) и четвёртый кластер (среднее значение интенсивности теплового излучения 95,7) соответствуют природным объектам (лесным массивам и водным объектам суши). Здесь интенсивность теплового излучения кластеров уменьшается при удалении пикселей от границы урбанизированных территорий. В этом случае у нас не произошло чёткого выделения границы между лесными массивами и водными объектами суши.

Для упрощения визуального анализа результатов кластеризации на полученные материалы были наложены векторные слои с границами урбанизированных территорий (застройка, промышленные зоны, объекты транспорта) и границами водных объектов.

Для оценки изменчивости интенсивности теплового излучения и её зависимости от рельефа и характера подстилающей поверхности, нами был построен «тепловой» профиль. Местоположение профиля выбиралось таким образом, чтобы он проходил через все выделенные кластеры (рис. 3).

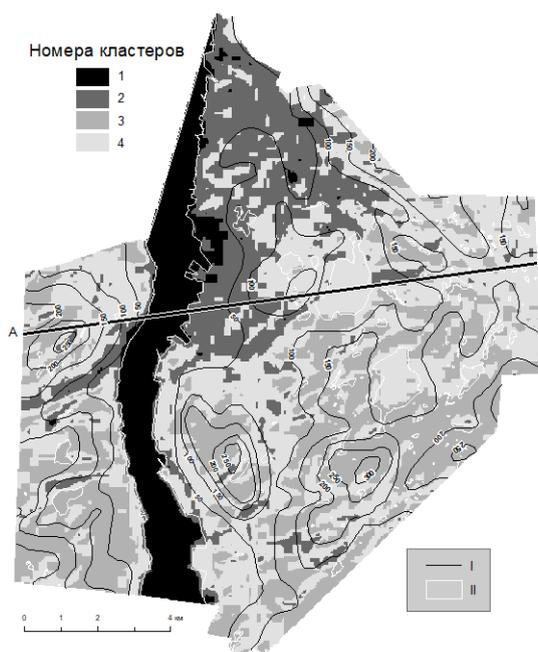


Рисунок 3 – Результат кластеризации с выделением 4 кластеров.  
I – горизонтали, II – водные объекты, AB – «тепловой» профиль

На рисунке 4 показан график интенсивностей теплового излучения, высотный профиль местности и характер подстилающей поверхности по линии AB. Анализ графиков позволяет сделать вывод о том, что воды Кольского залива в зимний сезон оказывают обогревающее влияние на окружающую территорию. Существует определённая зависимость между интенсивностью теплового излучения объектов, высотой и удалённостью местности от Кольского залива. Интенсивность теплового излучения уменьшается при удалении территории от акватории Кольского

залива. Характер графика говорит о том, что городская инфраструктура оказывает гораздо меньшее влияние на интенсивность теплового излучения, чем рельеф местности и обогревающее влияние Кольского залива.

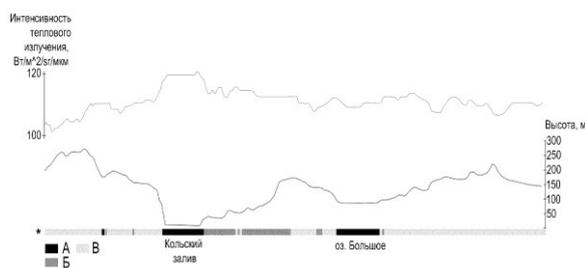


Рисунок 4 – График интенсивностей теплового излучения, высотный профиль местности и характер подстилающей поверхности (\*, А – водные объекты, Б – застройка, транспортные объекты, промышленные зоны, В – растительность)

Выполненное исследование позволило сформулировать следующие выводы:

1. В холодный период года Кольский залив характеризуется максимальной интенсивностью теплового излучения и оказывает обогревающее воздействие на окружающие урбанизированные и природные территории;

2. Зоны высокой интенсивности теплового излучения урбанизированных территорий (г. Мурманска) приурочены в основном к промышленным предприятиям. Однако, интенсивность теплового излучения техногенных источников тепла существенно не отличается от интенсивности теплового излучения вод Кольского залива. Промышленные объекты образуют компактные тепловые структуры, зона их влияния на окружающие территории невелика.

*Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002 Государственного задания ИВП РАН.*

#### Список источников

1. Антипин М. А., Грищенко М. Ю. Исследование тепловых аномалий кальдеры вулкана Головинна по тепловым космическим снимкам // Современные проблемы регионального развития. 2014. С. 160–161.
2. Антропогенная геоморфология / Отв. ред. Э. А. Лихачёва, В. П. Палиенко, И. И. Спаская. Москва: Медиа-ПРЕСС, 2013. 416 с.
3. Антропогенный морфолитогенез и гипергенез («Ложка дёгтя в бочке мёда») / Отв. ред. Э. А. Лихачёва. Ред. С. А. Буланов, С. В. Шварев. Москва: Медиа-ПРЕСС, 2022. 224 с.
4. Балдина Е. А., Константинов П. И., Грищенко М. Ю., Варенцов М. И. Исследование городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном тепловом диапазоне // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. 2015. №. С. С. 38–42.
5. Грищенко М. Ю. Анализ сезонной изменчивости поверхностного острова тепла Москвы по тепловым космическим снимкам // Геоинформационное картографирование в регионах России. 2015. С. 29–36.
6. Грищенко М. Ю., Доронкин Ю. И., Морозова А. В., Пестина П. В., Юрова Н. Д. Создание карты растительных ассоциаций восточного побережья острова Беринга // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2013. Т. 19. С. 203–208.
7. Грищенко М. Ю., Лучер Д. А., Бочарников М. В. Оценка возможности дешифрирования растительности по тепловым космическим снимкам на примере Южного Урала и Кузнецкого Алатау // Интеркарто. Интергис. 2022. Т. 28. С. 496–507.
8. Зраенко С. М. Анализ алгоритмов обнаружения заболоченных лесных участков по космическим снимкам // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 9. С. 23–25.
9. Калиничева С. В. Выявление и картографирование мёрзлых и талых пород с использованием космических снимков в горных районах криолитозоны на примере Олекмо-Чарского нагорья в Южной Якутии // Интеркарто. Интергис. 2018. Т. 24. № 2. С. 71–82.
10. Крупочкин Е. П., Барышникова О. Н. Методы классификации многозональных снимков для оценки разнообразия геосистем // География и природопользование Сибири. 2010. №. 12. С. 086–097.
11. СП131.13330.2018. Свод правил «Строительная климатология». Актуализированная версия СП131.13330.2012.

12. Трофимов В. Т., Жигалин А. Д., Богословский В. А., Архипова Е. В. Место эколого-геофизических исследований в системе урбоэкологии // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2016. № 6.
13. Флоренсов Н. А. Очерки структурной геоморфологии. Москва: Наука, 1978. 238 с.
14. Хлюстова В. В. Использование данных дистанционного зондирования для анализа почвенно-растительного покрова южной части о. Кунашир // Цифровая география. 2020. С. 189–192.
15. Шматова А. Г. Возможности оценки динамики площадей открытого песка и кустарника в типичной тундре по снимкам Landsat // Материалы 17-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2019. С. 467–467.
16. Эколого-геоморфологический анализ Арктической зоны Российской Федерации / Отв. ред. Э. А. Лихачёва, А. В. Кошкарев. Москва: Медиа-ПРЕСС, 2020. 120 с.
17. Boori M. S. et al. Supervised and unsupervised classification for obtaining land use/cover classes from hyperspectral and multi-spectral imagery // Sixth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2018). SPIE, 2018. Т. 10773. P. 191–201.
18. Küçük Matçı D., Avdan U. Comparative analysis of unsupervised classification methods for mapping burned forest areas // Arabian Journal of Geosciences. 2020. Т. 13. №. 15. P. 1–13.

### References

1. Antipin M. A., Grishchenko M. Yu. Issledovanie teplovyh anomalij kal'dery vulkana Golovnina po teplovym kosmicheskim snimkam. Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya. 2014:160–161. (In Russ.).
2. Antropogennaya geomorfologiya / Отв. ред. Е. А. Лихачёва, В. П. Палиенко, И. И. Спасская. Moscow: Media-PRESS; 2013:416. (In Russ.).
3. Antropogennyj morfolitogenez i gipergenez («Lozhka degtya v bochke meda») / Отв. ред. Е. А. Лихачёва. Red. S. A. Bulanov, S. V. Shvarev. Moscow: Media-PRESS; 2022:224. (In Russ.).
4. Baldina E. A., Konstantinov P. I., Grishchenko M. Yu., Varenkov M. I. Issledovanie gorodskih ostrovov tepla s pomoshch'yu dannyh distancionnogo zondirovaniya v infrakrasnom teplovom diapazone. Zemlya iz kosmosa: naibolee effektivnye resheniya. 2015;S:38–42. (In Russ.).
5. Grishchenko M. Yu. Analiz sezonnoj izmenchivosti poverhnostnogo ostrova tepla Moskvy po teplovym kosmicheskim snimkam. Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionah Rossii. 2015:29–36. (In Russ.).
6. Grishchenko M. Yu., Doronkin Yu. I., Morozova A. V., Pestina P. V., Yurova N. D. Sozдание karty rastitel'nyh asociacij vostochnogo poberezh'ya ostrova Beringa. InterKarto. InterGIS. 2013;19:203–208. (In Russ.).
7. Grishchenko M. Yu., Lucher D. A., Bocharnikov M. V. Ocenka vozmozhnosti deshifirovaniya rastitel'nosti po teplovym kosmicheskim snimkam na primere Yuzhnogo Urala i Kuzneckogo Alatau. Interkarto. Intergis. 2022;28:496–507. (In Russ.).
8. Zraenko S. M. Analiz algoritmov obnaruzheniya zabolochennyh lesnyh uchastkov po kosmicheskim snimkam. Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya. 2019;9:23–25. (In Russ.).
9. Kalinicheva S. V. Vyyavlenie i kartografirovanie merzlyh i talyh porod s ispol'zovaniem kosmicheskikh snimkov v gornyh rajonah kriolitozony 9na primere Olekmo-CHarskogo nagor'ya v YUzhnoj YAkutii). Interkarto. Intergis. 2018;24;2:71–82. (In Russ.).
10. Krupochkin E. P., Baryshnikova O. N. Metody klassifikacii mnogoazonal'nyh snimkov dlya ocenki raznoobraziya geosistem. Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri. 2010;12:086–097. (In Russ.).
11. SP131.13330.2018. Svod pravil «Stroitel'naya klimatologiya». Aktualizirovannaya versiya SP131.13330.2012. (In Russ.).
12. Trofimov V. T., Zhigalin A. D., Bogoslovskij V. A., Arhipova E. V. Mesto ekologo-geofizicheskikh issledovanij v sisteme urboekologii. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4. Geologiya. 2016;6:3–9. (In Russ.).
13. Florensov N. A. Oчерки структурной геоморфологии. Moscow: Nauka; 1978:238. (In Russ.).
14. Hlyustova V. V. Ispol'zovanie dannyh distancionnogo zondirovaniya dlya analiza pochvenno-rastitel'nogo pokrova yuzhnoj chasti o. Kunashir. Cifrovaya geografiya. 2020:189–192. (In Russ.).
15. Shmatova A. G. Vozmozhnosti ocenki dinamiki ploshchadej otkrytogo peska i kustarnika v tipichnoj tundre po snimkam Landsat. Materialy 17-j Vserossijskoj otkrytoj konferencii «Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa». 2019:467–467. (In Russ.).
16. Ekologo-geomorfologicheskij analiz Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii / Отв. ред. Е. А. Лихачёва, А. В. Кошкарев. Moscow: Media-PRESS; 2020:120. (In Russ.).
17. Boori M. S. et al. Supervised and unsupervised classification for obtaining land use/cover classes from hyperspectral and multi-spectral imagery. Sixth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2018). SPIE. 2018;10773:191–201.
18. Küçük Matçı D., Avdan U. Comparative analysis of unsupervised classification methods for mapping burned forest areas. Arabian Journal of Geosciences. 2020;13;15:1–13.

Информация об авторах

Чеснокова И. В. – доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора по связям с академическими организациями;

Прядилина (Морозова) А. В. – инженер.

Information about the authors

Chesnokova I. V. – Doctor of Sciences (Geologo-Mineralogical), Deputy Director of Relations with Academic Organizations.

Priadilina (Morozova) A. V. – Engineer.

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 23.11.2022; одобрена после рецензирования 23.01.2023; принята к публикации 07.02.2023.

The article was submitted 23.11.2022; approved after reviewing 23.01.2023; accepted for publication 07.02.2023.

## ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

*Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 86–95.  
*Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):86–95. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 332.332  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_86

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ОБОРОТ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Корягина Наталья Викторовна<sup>1✉</sup>, Корягин Юрий Викторович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия  
<sup>1</sup>koryagina.n.v@pgau.ru✉  
<sup>2</sup>koryagin.y.v@pgau.ru

**Аннотация.** В статье представлен анализ земельного фонда Кузнецкого района Пензенской области. Приведены данные по налоговым поступлениям от продажи и аренды земель сельскохозяйственного назначения, и неиспользуемым земельным долям. Налоговые поступления от использования земли в районе имеют тенденцию к снижению. Основную долю в доходах 2021 года составляют безвозмездные поступления из вышестоящих бюджетов. Анализ управления земельными ресурсами Кузнецкого муниципального района Пензенской области показал, что в районе земля используется в качестве основополагающего фактора территориального развития. Однако значительной является доля неосвоенных земель. Органами муниципальной власти проводится большая работа по формированию земельных участков, сформированных из муниципальных долей и предоставления их как в аренду, так и в собственность. Рассчитана эффективность вовлечения в оборот земельных участков путём определения цены их продажи и арендной платы без проведения торгов.

**Ключевые слова:** земли сельскохозяйственного назначения, земельные доли, налоговые поступления, кадастровая стоимость, цена продажи земельных участков, арендная плата

**Для цитирования:** Корягина Н. В., Корягин Ю. В. Эффективность вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1(88). С. 86–95. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_86](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_86).

### EFFICIENCY OF INVOLVEMENT IN THE TURNOVER OF AGRICULTURAL LAND

Natalia V. Koryagina<sup>1✉</sup>, Yuri V. Koryagin<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Penza State Agrarian University, Penza, Russia  
<sup>1</sup>koryagina.n.v@pgau.ru✉  
<sup>2</sup>koryagin.y.v@pgau.ru

**Annotation.** The article presents an analysis of the land fund of the Kuznetsky district of the Penza region. The data on tax revenues from the sale and lease of agricultural land, and unused land shares are presented. Tax revenues from the use of land in the district tend to decrease. The main share in the revenues of 2021 is made up of gratuitous receipts from higher budgets. The analysis of land management in the Kuznetsk Municipal district of the Penza Region showed that land is used as a fundamental factor of territorial development in the region. However, the proportion of undeveloped land is significant. Municipal authorities are doing a lot of work on the formation of land plots formed from municipal shares and providing them both for rent and ownership. The efficiency of involvement in the turnover of land plots is calculated by determining the price of their sale and rent without bidding.

**Keywords:** agricultural land, land shares, tax revenues, sale price of land plots, rent

**For citation:** Koryagina N. V., Koryagin Yu. V. Efficiency of involvement in the turnover of agricultural land. *Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):86–95. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_86](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_86).

**Введение.** За период с 2010 по 2020 годы в Российской Федерации произошло сокращение площади земель сельскохозяйственного назначения с 400 млн. гектаров до 382,4 млн. гектаров, то есть на 17,6 млн. гектаров, или на 4,6 процента. Результаты анализа двустороннего процесса ввода и вывода пахотных земель свидетельствуют о том, что за 2020 год по сравнению с 2019 годом площадь земель сельскохозяйственного назначения (пашни) увеличилась на 736,6 тыс. гектаров. По состоянию на 1 января 2021 г., по данным субъектов Российской Федерации, из имеющихся земель сельскохозяйственного назначения неиспользуемыми остаются около 19,4 млн. гектаров пашни (5,1 процента общей площади земель сельскохозяйственного назначения в стране).

Критическим фактором, в значительной мере повлиявшим на увеличение площади неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения, стала реорганизация коллективных хозяйств, заключающаяся в выдаче земельных паёв бывшим сотрудникам таких хозяйств. Следствием этого процесса становится большое количество невостребованных земельных долей, выбывших из сельскохозяйственного оборота. В 2020 году количество невостребованных земельных долей, по данным субъектов Российской Федерации, достигает 1,5 млн. единиц, их площадь – 14,2 млн. гектаров, что составляет 31,6 процента всей площади неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в стране (43,4 процента неиспользуемых сельскохозяйственных угодий).

Выбывшие из сельскохозяйственного оборота земли деградируют. Фактически вновь возникают ранее решённые проблемы чересполосицы, вкрапливаний, вклиниваний. Как следствие, на таких землях сельскохозяйственные товаропроизводители недополучают существенный объём продукции растениеводства.

Назревает необходимость формирования достоверных и актуальных сведений о количественных характеристиках и границах земель сельскохозяйственного назначения, а также о количественных и качественных характеристиках сельскохозяйственных угодий, вовлекаемых в сельскохозяйственный оборот, с последующим внесением сведений о них в Единый государственный реестр недвижимости [5, 6].

**Материалы и методы.** Объектом исследования являются земли сельскохозяйственного назначения Кузнецкого района Пензенской области.

Основой для исследований послужили данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области, Публичной кадастровой карты, администрации Кузнецкого района Пензенской области.

Кузнецкий район входит в Кузнецко-Лопатинскую агропочвенную зону и находится в его восточной части.

Территория Кузнецкого района имеет компактную конфигурацию. Общая площадь района составляет 207,1 тыс. га. Протяжённость района с севера на юг 60 км, с запада на восток 61 км. Численность населения Кузнецкого района по состоянию на 01.04.2022 г. составила 35 865 человек. Плотность населения – 17,6 чел./км<sup>2</sup>.

Кузнецкий район расположен на возвышенной холмистой равнине, в лесостепной зоне. Преобладающими почвами района является тип: серых лесных. Подтип светло-серых лесных почв занимает 58,2 тыс. га, серые лесные почвы – 37,5 тыс. га, темно-серые лесные – 50,5 тыс. га, всего серых лесных почв в Кузнецком районе 75 %. Под воздействием травянистой растительности сформировались чернозёмные почвы, представленные чернозёмами оподзолёнными и выщелоченными, которые занимают площадь 37,6 тыс. га – 19 %. Наиболее плодородные почвы на территории Кузнецкого района аллювиальные и луговые. Они располагаются только в поймах рек и составляют 4,1 тыс. га (2 %). Смытые и намывные почвы оврагов и балок 8,1 тыс. га или 4 % (рис. 1).



Рисунок 1 – Структура почв Кузнецкого района по видам, %

Почвы района в основном плодородны и вовлечены в сельскохозяйственный оборот, за исключением смытых и намытых почв оврагов и балок и заболоченных участков речных пойм.

Освоенность территории Кузнецкого района в сельскохозяйственном отношении высокая. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 94028,92 га, в том числе 67168,08 га пашни (распаханность сельхозугодий – около 80 %). Обеспеченность пашней в районе составляет 1,6 га на 1 человека, сельхозугодиями – 2,1 га. Наличие и распределение земельного фонда района по категориям земель на 01.01.2022 г. представлено в таблице 1 [11].

Таблица 1 – Наличие и распределение земельного фонда Кузнецкого района Пензенской области

Наименование показателей	Общая площадь земель		Сельскохозяйственные угодья, га	Из них пашни, га
	га	%		
Земли с/х назначения	94028,92	45,4	85510,82	67168,08
Земли населённых пунктов	6420,39	3,1	3652,129	3323
Земли промышленности энергетики, транспорта, земли обороны, земли иного специального назначения	3577,24	1,7	39	-
Земли особо охраняемых территорий и объектов	6399,15	3,1	0,5	0,5
Земли лесного фонда	96171,45	46,4	951	426
Земли водного фонда	56,0	0,03	-	-
Земли запаса	446,86	0,2	-	-
Итого земель в границах района	207 100,01	100	90153,45	70917,58

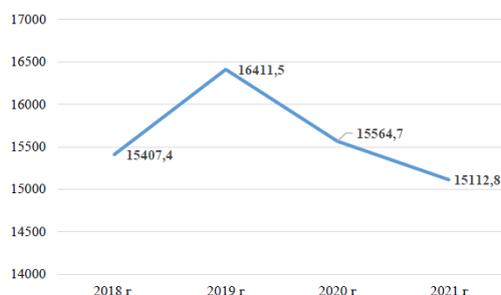


Рисунок 2 – Динамика собираемости земельного налога в Кузнецком районе

Во всех муниципальных образованиях района в связи с применением порядка определения налоговой базы по налогу на имущество физических лиц исходя из кадастровой стоимости, налоговые ставки установлены в максимальных размерах, т.е. 0,3 %. Льготы предприятиям, организациям и физическим лицам не предусматриваются.

Анализ управления земельными ресурсами Кузнецкого муниципального района Пензенской области показал, что в районе земля используется в качестве основополагающего фактора территориального развития. Однако значительной является доля неосвоенных земель.

Можно выделить следующие основные стратегические цели, которые необходимо достичь для повышения эффективности управления земельными ресурсами:

- уточнение границ и площади объектов недвижимости, проведение комплексных кадастровых работ;
- выявление неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения и принятие мер по их вовлечению в оборот;
- повышение эффективности муниципального земельного контроля.
- увеличение доходной части местного бюджета от земельных платежей и операций, связанных с землёй;
- формирование участков для предоставления гражданам и организациям;
- продолжение вовлечения земли в оборот и создания необходимых условий для реализации инвестиционного потенциала земель.

Достижение цели территориального развития предполагается за счёт привлечения инвесторов и стимулирования рационального использования земельных участков по целевому и функциональному назначению.

Реализация предлагаемых мероприятий будет способствовать увеличению поступлений в местный бюджет от использования земельных ресурсов. От реализации предлагаемых мероприятий предполагается также привлечение инвесторов и увеличение инвестиций в строительство, и соответственно развитие сопутствующих видов производств.

В результате анализа данных о состоянии и использовании земель в Кузнецком районе на 01.01.2016 г. выявлено, что площадь необрабатываемой пашни уменьшилась на 1363 га за счёт ввода в оборот ранее неиспользуемой земли. Основная же часть неиспользуемых сельскохозяйственных земель является залесённой на 50 % и больше.

Выполнен план по вводу в оборот временно неиспользуемых сельскохозяйственных земель. За 2016–2018 гг. введено в оборот 2877 га временно неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения.

В настоящее время остаются неиспользуемыми порядка 15986,6 га. (рис. 3, табл. 2). Площадь невостребованных земельных долей, которые находятся в суде на рассмотрении по искам о признании права муниципальной собственности на невостребованные земельные доли по состоянию на 01.11.2021 г. составляет 174,2 га, из них 55,8 га – в р.п. Евлашево, 10,4 га – в Посельском и 108 га – в Яснополянском сельсоветах. В отношении 1 355,8 га ведутся кадастровые работы для планируемой передачи их в аренду или собственность.

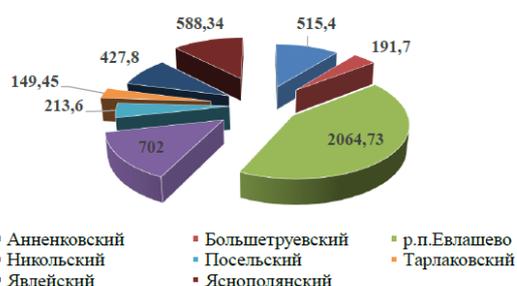


Рисунок 3 – Невостребованные земельные доли по сельсоветам в Кузнецком районе, га

Анализируя данные диаграммы (рис. 3) можно сделать вывод, что большая часть невостребованных долей находится в р. п. Евлашево – 2064,73 га и Никольском сельсовете – 702 га.

Таблица 2 – Результаты мониторинга земельных долей Кузнецкого района (на 01.11.2021 г)

Наименование сельсовета	Общая площадь паевых земель (невывделенные пай), га	в том числе		
		муниципальные доли, га	невостребованные доли, га	земельные доли, которые не могут быть признаны невостребованными (права на них зарегистрированы), га
Анненковский	3469	0	515,4	2953,6
Большетруевский	1518,7	44,45	191,7	1282,55
р.п. Евлашево	2858,3	327,27	2064,73	466,3
Комаровский	919,5	560,7	0	358,8
Никольский	1445,4	295,1	702	448,3
Посельский	1160	514,4	213,6	432
Тарлаковский	855,3	14,7	149,45	691,15
Чибирлейский	676,9	497,7	0	179,2
Явлейский	2333,3	0	427,8	1905,5
Яснополянский	750,2	32,4	588,34	129,48
Итого	15986,6	2286,72	4853,02	10296,3

Из общей площади паевых земель большая их часть приходится на Анненковский сельсовет – 3469 га, р.п. Евлашево – 2858,3 га и Явлейский сельсовет – 2333,3 га (табл. 2). Высока доля земельных долей, которые не могут быть признаны невостребованными (права на них зарегистрированы) – 10296,3 га, большая их часть находится в Анненковском сельсовете – 2953,6 га.

Органами муниципальной власти проводится большая работа по формированию земельных участков, сформированных из муниципальных долей и предоставления их как в аренду, так и в собственность (табл. 3).

Так на 01.11.2021 г. из муниципальных долей было представлено в аренду 3429,5 га земель, в собственность – 781,8 га.

Таблица 3 – Земельные участки, сформированные из муниципальных долей в Кузнецком районе

Наименование сельсовета	Земельные участки, сформированные из муниципальных долей (проведено межевание), га			
	Общая площадь, га	в том числе предоставлено в аренду, га	в том числе предоставлено в собственность, га	в том числе свободные земельные участки, га
Анненковский	1955,3	1749,1	206,2	0
Большегтруевский	270,7	115,1	155,6	0
р.п. Евлашево	342,1	100,4 8,4 га в безвоз. польз.	233,3	0
Комаровский	163,8	163,8	0	0
Никольский	394,9	284,2 110,7 в безвоз. польз.	0	0
Посельский	220,68	220,0 в безвоз. польз.	0	0
Гарлаковский	245	245	0	0
Чибирлейский	230,8	226,7	4,1	0
Явлейский	1480,3	461	18,6	1000,7
Яснополянский	632,8	468,8	164	0
Итого	5936,38	3429,5	781,8	1000,7

При проведении мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Кузнецкого района с использованием публичной кадастровой карты нами были выявлены ряд неиспользуемых земельных участков (рис. 4, 5).

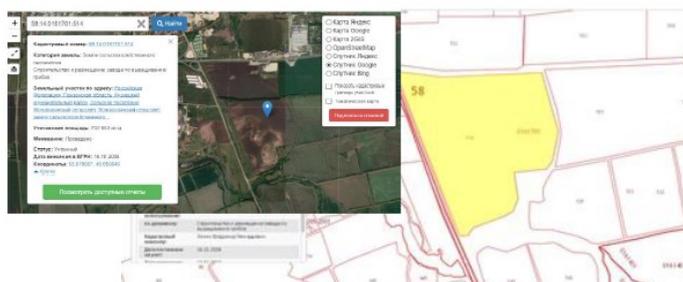


Рисунок 4 – Фрагмент публичной кадастровой карты (неиспользуемый земельный участок с кадастровым номером 58:14:0161701:514)

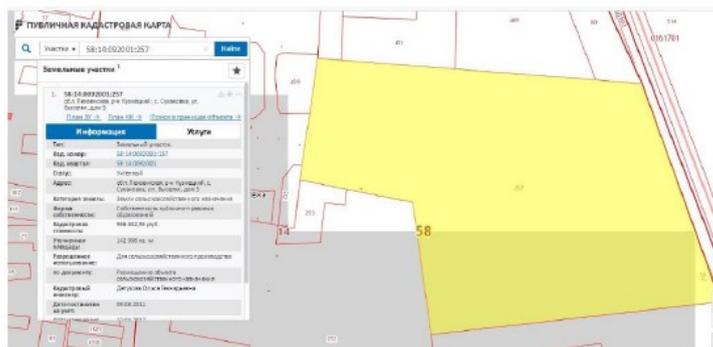


Рисунок 5 – Фрагмент публичной кадастровой карты (неиспользуемый земельный участок с кадастровым номером 58:14:092001:257)

В целях вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения администрация Кузнецкого района предоставляет информацию о земельных участках, возможных к предоставлению в собственность или аренду (табл. 4).

В собственности поселений Кузнецкого района Пензенской области имеются также земельные доли, находящиеся в муниципальной собственности.

Таблица 4 – Неиспользуемые земельные участки Кузнецкого района, возможные к предоставлению в собственность или аренду

Кадастровый номер	Площадь, га	Форма собственности	Местоположение
58:14:0010501:4	242,5	Неразграниченная государственная собственность	Пензенская область, Кузнецкий район, примерно в 1,3 км от пересечения автодорог Махалино-Сосновоборск с Куйбышевской железной дорогой по направлению на северо-восток (Сюзюмский сельсовет)
58:14:0010301:12	407,7	Неразграниченная государственная собственность	Пензенская область, Кузнецкий район, примерно в 2,5 км от пересечения автодорог Махалино-Сосновоборск с Куйбышевской железной дорогой по направлению на северо-запад (Сюзюмский сельсовет)
58:14:0010301:11	68,9	Неразграниченная государственная собственность	Пензенская область, Кузнецкий район, примерно в 5,1 км от пересечения автодорог Махалино-Сосновоборск с Куйбышевской железной дорогой по направлению на запад (Сюзюмский сельсовет)
58:14:0020201:57	426,7	Неразграниченная государственная собственность	Пензенская область, Кузнецкий район, примерно в 3,7 км от пересечения автодорог Махалино-Сосновоборск с Куйбышевской железной дорогой по направлению на юго-запад (Сюзюмский сельсовет)
не сформирован	1043,4	Неразграниченная государственная собственность	Пензенская область, Кузнецкий район, примерно в 500 м по направлению на юг от центра с. Часы (в границах Явлейского сельсовета)
не сформирован	ориентировочно 1100,0	Неразграниченная государственная собственность	Пензенская область, Кузнецкий район, примерно в 500 м по направлению на юг от центра с. Часы (в границах Явлейского сельсовета)
не сформирован	686	Неразграниченная государственная собственность	Пензенская область, Кузнецкий район, примерно в 3 км по направлению на юго-запад от центра с. Татарская Пенделка (в границах Махалинского сельсовета)

В муниципальной программе «Управление муниципальным имуществом и земельными ресурсами, обеспечение градостроительной деятельности в Кузнецком районе на 2016–2022 годы», утверждённой Постановлением от 9 октября 2020 г. № 693 [10] сформулированы основные задачи в сфере управления земельными ресурсами и управления муниципальной недвижимостью в ближайшие годы:

- разработка и своевременная корректировка документов территориального планирования, градостроительного зонирования, документации по планировке территорий, постановка на кадастровый учёт территориальных зон и зон с особыми условиями использования территорий, применение современного автоматизированного программного обеспечения для выполнения полномочий в области градостроительства, земельных и имущественных отношений;
- выполнение плана по неналоговым доходам бюджета Кузнецкого района Пензенской области от управления и распоряжения имуществом и земельными участками, находящимися в ведении Кузнецкого района Пензенской области, за исключением доходов от приватизации;
- увеличение доли объектов недвижимого имущества, на которые зарегистрировано право собственности Кузнецкого района Пензенской области, в общем количестве объектов недвижимого имущества, учитываемых в реестре муниципальной собственности;
- обеспечение формирования земельных участков в соответствии с действующим законодательством в целях предоставления их с торгов, а также под объектами муниципальной собственности [11].

П. 2. ст. 6 ФЗ № 101 «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» установлено, что земельный участок из земель сельскохозяйственного назначения принудительно может быть изъят у его собственника в судебном порядке в случае если он используется с нарушением требований, установленных законодательством Российской Федерации, повлёкшим за собой существенное снижение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения или причинение вреда окружающей среде. П. 3 данной статьи устанавливает принудительное изъятие земельного участка у его собственника в случае, если в течение трёх и более лет подряд с момента выявления в рамках федерального государственного земельного надзора факта неиспользования земельного

участка по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации, такой земельный участок не используется для ведения сельского хозяйства или осуществления иной связанной с сельскохозяйственным производством деятельности [2].

В этот период включается время, необходимое для освоения участков сельскохозяйственного назначения, но исключается время, в течение которого участок не мог быть использован по целевому назначению из-за стихийных бедствий или ввиду иных обстоятельств, исключающих такое использование. Признаки неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации указаны в перечне, утверждённом Постановлением Правительства РФ N 1482 от 18 сентября 2020 года [7].

Критерии существенного снижения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения устанавливаются Правительством Российской Федерации. Определение размера причинённого вреда окружающей среде осуществляется в соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 года N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [3].

Принудительное изъятие земельного участка из земель сельскохозяйственного назначения у его собственника осуществляется при условии не устранения фактов ненадлежащего использования земельного участка, после назначения административного наказания.

Не могут быть изъяты земельные участки, являющиеся предметом ипотеки, а также земельные участки, в отношении собственника которых судом возбуждено дело о банкротстве.

Альтернативной мерой, направленной на обеспечение надлежащего использования земель сельскохозяйственного назначения и вовлечение неиспользуемых земель в хозяйственный оборот, может служить применение повышенной ставки земельного налога.

Так, пунктом 1 статьи 394 Налогового кодекса Российской Федерации для земель сельскохозяйственного назначения предусмотрена пониженная (не более 0,3 % кадастровой стоимости) налоговая ставка, но необходимым условием для этого является факт использования таких земель для сельскохозяйственного производства. В противном случае должна применяться общая ставка (не более 1,5 %) [1].

Для более эффективного использования этого инструмента организовано межведомственное взаимодействие органов государственного земельного надзора и налоговых органов. Так, на базе Министерства сельского хозяйства Пензенской области создана Межведомственная рабочая группа по вводу неиспользуемых земель в сельскохозяйственный оборот.

В настоящее время, благодаря взаимодействию с органами местного самоуправления, органами исполнительной власти и федеральными структурами, осуществляющими свои полномочия в области регулирования земельных отношений, наблюдается положительная динамика ввода в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель.

Постановлением Правительства Пензенской обл. от 06.05.2015 N 232-пП утверждён Порядок определения цены земельных участков, находящихся в собственности Пензенской области, и земельных участков, государственная собственность на которые не разграничена на территории Пензенской области, при заключении договора купли-продажи земельного участка без проведения торгов [9].

Цена земельных участков при их продаже определяется как выраженный в рублях процент от кадастровой стоимости земельного участка:

- пятнадцать процентов в случае продажи земельных участков – крестьянскому (фермерскому) хозяйству или сельскохозяйственной организации в случаях, установленных Федеральным законом «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» [2].

В случае переоформления права постоянного (бессрочного) пользования земельными участками на право аренды земельных участков в соответствии с пунктом 2 статьи 3 Федерального закона от 25.10.2001 N 137-ФЗ «О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации» годовой размер арендной платы устанавливается в размере 0,3 процента кадастровой стоимости арендуемых земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения [4].

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 16 июля 2009 г. N 582 «Об основных принципах определения арендной платы при аренде земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, и о правилах определения размера арендной платы, а также порядка, условий и сроков внесения арендной платы за земли, находящиеся в собственности Российской Федерации» в случае предоставления земельного участка в аренду крестьянскому (фермерскому) хозяйству для осуществления крестьянским (фермерским) хозяйством его деятельности без проведения торгов арендная плата определяется на основании кадастровой стоимости земельного участка и рассчитывается в размере 0,6 процента от кадастровой стоимости [8].

При определении эффективности вовлечения в оборот земель была рассчитана кадастровая стоимость земельных участков, расположенных в Кузнецком районе, государственная собственность на которые не разграничена, для продажи их крестьянскому (фермерскому) хозяйству или предоставления таких земель в аренду (без торгов) (табл. 5). Анализируя данные, можно сделать вывод, что продажа земельных участков обеспечит дополнительно получение дохода в размере 34 192 631 рублей. При предоставлении этих же участков в аренду можно пополнять бюджет Кузнецкого района за счёт арендной платы в размере 1 368 529 рублей ежегодно.

Таблица 5 – Определение цены продажи земельных участков и размера арендной платы без проведения торгов

Кадастровый номер	Площадь, га	Форма собственности	Кадастровая стоимость, руб.	Цена продажи, руб.	Размер арендной платы в год, руб.
58:14:0010501:4	245,5	Неразграниченная государственная собственность	14067150	2 110 073	84 403
58:14:0010301:12	407,7	Неразграниченная государственная собственность	23361210	3 504 182	140 167
58:14:0010301:11	68,9	Неразграниченная государственная собственность	3947970	592 196	23 688
58:14:0020201:57	426,7	Неразграниченная государственная собственность	24449910	3 667 487	146 700
не сформирован	ориентировочно 1043,4	Неразграниченная государственная собственность	59 786 820	8 968 023	358 721
не сформирован	ориентировочно 1100,0	Неразграниченная государственная собственность	63030000	9 454 500	378 180
не сформирован	ориентировочно 686	Неразграниченная государственная собственность	39445000	5 896 170	236 670
<b>Итого</b>				<b>34 192 631</b>	<b>1 368 529</b>

В соответствии с Налоговым Кодексом РФ [1] налоговые ставки устанавливаются нормативными правовыми актами представительных органов муниципальных образований и не могут превышать 0,3 процента в отношении земельных участков, отнесённых к землям сельскохозяйственного назначения или к землям в составе зон сельскохозяйственного использования в населённых пунктах и используемых для сельскохозяйственного производства. В Кузнецком районе применяется так же ставка 0,3 %. Но для применения данной ставки земельного налога сельскохозяйственная земля должна обрабатываться. Собственник должен доказать использование земельного участка по назначению. Назначение участка определяется в исходных документах при предоставлении земельного участка. В противном случае может применяться повышенная ставка 1,5 % (табл. 6).

Расчёт размера земельного налога на земельные участки из земель сельскохозяйственного назначения осуществлялся исходя из среднего удельного показателя кадастровой стоимости в Кузнецком районе и налоговой ставки. Таким образом, при оформлении неиспользуемых земельных участков в собственность, земельный налог составит 684 244,18 рублей.

Таблица 6 – Определение размера земельного налога на земельные участки сельскохозяйственного назначения

Кадастровый номер	Площадь, га	Форма собственности	Кадастровая стоимость, руб.	Земельный налог, руб.
58:14:0010501:4	245,5	Неограниченная государственная собственность	14 067 150	42 201,45
58:14:0010301:12	407,7	Неограниченная государственная собственность	23 361 210	70 063,63
58:14:0010301:11	68,9	Неограниченная государственная собственность	3947970	11 843,91
58:14:0020201:57	426,7	Неограниченная государственная собственность	24449910	73 349,73
не сформирован	ориентировочно 1043,4	Неограниченная государственная собственность	59 786 820	179 360,46
не сформирован	ориентировочно 1100,0	Неограниченная государственная собственность	63030000	189 090,00
не сформирован	ориентировочно 686	Неограниченная государственная собственность	39445000	118 335,00
Итого				684244,18

**Заключение.** Подводя итог сказанному, следует отметить, что ввод в оборот неиспользуемых земельных участков сельскохозяйственного назначения принесёт в муниципальную казну существенные средства от продажи земли или сдачи её в аренду, ежегодной уплаты земельного налога.

#### Список источников

1. Налоговый кодекс Российской Федерации от 5.08. 2000 N 117-ФЗ.
2. Федеральный закон от 24 июля 2002 N 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения».
3. Федеральный закон от 10 января 2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
4. Федеральный закон от 25 октября 2001 N 137-ФЗ «О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации».
5. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. N 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации».
6. Постановление Правительства РФ от 27 октября 2021 г. N 1832 «О внесении изменений в Государственную программу эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации».
7. Постановление Правительства РФ от 18 сентября 2020 г. N 1482 «О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации».
8. Постановление Правительства РФ от 16.07.2009 N 582 «Об основных принципах определения арендной платы при аренде земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, и о Правилах определения размера арендной платы, а также порядка, условий и сроков внесения арендной платы за земли, находящиеся в собственности Российской Федерации».
9. Постановление Правительства Пензенской области от 06.05.2015 N 232-пП «Об утверждении Порядка определения цены земельных участков, находящихся в собственности Пензенской области, и земельных участков, государственная собственность на которые не разграничена на территории Пензенской области, при заключении договора купли-продажи земельного участка».
10. Постановление администрации Кузнецкого района Пензенской области от 09.10.2020 № 963 «О внесении изменений в муниципальную программу Кузнецкого района Пензенской области».

11. «Управление муниципальным имуществом и земельными ресурсами, обеспечение градостроительной деятельности в Кузнецком районе на 2016–2022 годы».

12. Администрация Кузнецкого района Пензенской области. URL: <https://kuzneck.pnzreg.ru/> (дата обращения 10.12.2022).

13. Министерство экономического развития и промышленности Пензенской области. URL: <https://merp.pnzreg.ru/> (дата обращения 10.12.2022).

#### References

1. The Tax Code of the Russian Federation of 5.08. 2000 N 117-FZ. (In Russ.).
2. Federal Law No. 101-FZ of July 24, 2002 «On the turnover of agricultural land». (In Russ.).
3. Federal Law No. 7-FZ of January 10, 2002 «On Environmental Protection». (In Russ.).
4. Federal Law No. 137-FZ of October 25, 2001 «On the Entry into Force of the Land Code of the Russian Federation». (In Russ.).
5. Decree of the Government of the Russian Federation No. 731 dated May 14, 2021 «On the State Program for the effective involvement in the turnover of agricultural land and the development of the Reclamation complex of the Russian Federation». (In Russ.).
6. Resolution of the Government of the Russian Federation of October 27, 2021 N 1832 «On Amendments to the State Program for the effective involvement in the turnover of agricultural land and the development of the reclamation complex of the Russian Federation». (In Russ.).
7. Decree of the Government of the Russian Federation of September 18, 2020 No. 1482 «On signs of non-use of land plots from agricultural lands for their intended Purpose or use in violation of the Legislation of the Russian Federation. (In Russ.).
8. Resolution of the Government of the Russian Federation of 16.07.2009 N 582 «On the basic principles of Determining rent when Renting Land Plots in State or Municipal Ownership, and on the Rules for Determining the amount of rent, as well as the procedure, conditions and Terms of Payment of rent for Land Owned by the Russian Federation». (In Russ.).
9. Resolution of the Government of the Penza Region dated 06.05.2015 N 232-pP «On approval of the Procedure for Determining the Price of Land Plots Owned by the Penza Region and Land Plots, state Ownership of which is not Limited to the Territory of the Penza Region, when concluding a contract for the purchase and sale of a land plot». (In Russ.).
10. Resolution of the Administration of the Kuznetsky district of the Penza Region dated 09.10.2020 No. 963. (In Russ.).
11. «On Amendments to the Municipal Program of the Kuznetsky District of the Penza Region "Management of municipal property and Land resources, provision of urban construction activities" in the Kuznetsky district for 2016–2022». (In Russ.).
12. Administration of the Kuznetsky district of the Penza region. URL: <https://kuzneck.pnzreg.ru/> (accessed: 10.12.2022). (In Russ.).
13. Ministry of Economic Development and Industry of the Penza region. URL: <https://merp.pnzreg.ru/> (accessed: 10.12.2022). (In Russ.).

#### Информация об авторах

Корягина Н. В. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Корягин Ю. В. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

#### Information about the authors

Koryagina N. V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Koryagin Yu. V. – Candidate of Agricultural Sciences, 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 14.12.2022; одобрена после рецензирования 20.01.2023; принята к публикации 02.02.2023.

The article was submitted 14.12.2022; approved after reviewing 20.01.2023; accepted for publication 02.02.2023.

*Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 96–104.  
*Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):96–104. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 910  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_96

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ИЗЫСКАНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ В РАЙОНЕ  
НЕФТЕГАЗОВОГО УЧАСТКА «ЖЕНИС» ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ КАСПИЯ**

Карабаева Алтынганым Зинетовна<sup>1✉</sup>, Морозова Лариса Александровна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия  
<sup>1</sup>karabaeva2010@mail.ru<sup>✉</sup>  
<sup>2</sup>larisa.mor@bk.ru

**Аннотация.** Одним из основных принципов охраны окружающей среды признается то, что любая планируемая хозяйственная деятельность является потенциально-экологической опасной. В соответствии с данным принципом проведены исследования по оценке воздействия инженерно-геологических изысканий в районе нефтегазового блока «Женис» на биологическую среду Каспийского моря. Известно, что нефть и нефтепродукты являются наиболее распространёнными загрязнителями водной среды, наносящими серьёзный ущерб аквальному экосистемам. Территория планируемой деятельности приурочена к акватории Каспийского моря – очень перспективного региона в отношении энергетических ресурсов и, в тоже время, уникального по своим биологическим ресурсам. Замкнутость моря-озера, слабый водообмен, богатый ресурсный потенциал обуславливает его чувствительность к техногенным воздействиям, когда небольшие изменения, затрагивающие отдельные компоненты среды, способный повлечь за собой нежелательные изменения во всей экосистеме. Следовательно, данные особенности требуют тщательного соблюдения природоохранных мероприятий. Вопросы геоэкологической оценки воздействия инженерно-геологических изысканий на экологическое состояние некоторых компонентов биологической среды исследуемого участка рассматриваются в данной статье.

**Ключевые слова:** Каспийское море, шельф, блок Женис, акватория, планктон, бентос, ихтиофауна

**Для цитирования:** Карабаева А. З., Морозова Л. А. Геоэкологическая оценка воздействия инженерно-геологических изысканий на биологическую среду в районе нефтегазового участка «Женис» шельфовой зоны Каспия // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 96–104. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_96](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_96).

**GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ENGINEERING  
AND GEOLOGICAL SURVEYS ON THE BIOLOGICAL ENVIRONMENT  
IN THE AREA OF THE ZHENIS OIL AND GAS SECTION  
OF THE CASPIAN SHELF ZONE**

Altynganym Z. Karabaeva<sup>1✉</sup>, Larisa A. Morozova<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
<sup>1</sup>karabaeva2010@mail.ru<sup>✉</sup>  
<sup>2</sup>larisa.mor@bk.ru

**Abstract.** One of the basic principles of environmental protection is recognized that any planned economic activity is potentially environmentally hazardous. In accordance with this principle, studies have been conducted to assess the impact of engineering and geological surveys in the area of the Zhenis oil and gas block on the biological environment of the Caspian Sea. It is known that oil and petroleum products are the most common pollutants of the aquatic environment, causing serious damage to aquatic ecosystems. The territory of the planned activity is confined to the water area of the Caspian Sea – a very promising region in terms of energy resources and, at the same time, unique in its biological

resources. The closeness of the sea-lake, weak water exchange, rich resource potential causes its sensitivity to man-made impacts, when small changes affecting individual components of the environment can lead to undesirable changes in the entire ecosystem. Consequently, these features require careful compliance with environmental measures. The issues of geoecological assessment of the impact of engineering and geological surveys on the ecological state of some components of the biological environment of the studied area are considered in this article.

**Keywords:** Caspian Sea, shelf, Zhenis block, water area, plankton, benthos, ichthyofauna

**For citation:** Karabaeva A. Z., Morozova L. A. Geoecological assessment of the impact of engineering and geological surveys on the biological environment in the area of the Zhenis oil and gas section of the Caspian shelf zone. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):96–104. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_96](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_96).

В статье приводятся данные по экологическому состоянию ключевых элементов экосистемы в зоне исследования месторождения углеводородного сырья участка «Женис». Объект находится на юге казахстанского сектора Каспийского моря. Площадь участка – 4772,23 кв. км. Расстояние до берега равно 80 км (рис. 1). В административном отношении участок «Женис» принадлежит к Каракиянскому району Мангистауской области Республики Казахстан. Близлежащее поселение – п. Курык, находящийся в 117 км от изучаемой территории. Структура Женис признана одной из перспективных зон разработки шельфа [4, 7, 11].

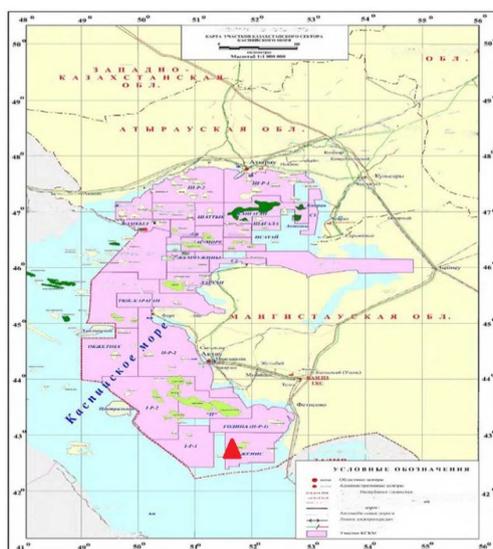


Рисунок 1 – Обзорная карта расположения участка «Женис» [1]  
▲ – Исследуемый участок

По истечению минувших лет неотступно прослеживается рост потребности на углеводородные резервы, применение их в разных областях народного хозяйства. Разведка, разработка, а также эксплуатирование месторождений углеводородов, в особенности в шельфовой области морей сопряжена с существенным влиянием на природоохранную обстановку определённых элементов аквальных комплексов. В связи с этим были выполнены исследования с целью обнаружения неблагоприятных влияний этого типа деятельности на биообъекты, а кроме того связанных с ними экологических последствий.

Воздействие инженерно-геологических работ на биообъекты исследовано в согласовании с «Методическими предписаниями по проведению оценки влияния хозяйственной деятельности на внешнюю среду» (МООС РК № 270-П от 29.10.2010 г.) [6, 12].

Ключевыми биообъектами влияния считаются планктон, бентос, ихтиофауна, а кроме того гидрофитная флора, птицы и тюлени.

Влияние на планктонные организмы вследствие выполнения инженерно-геологических исследований (ИГИ), в наибольшей степени, станет проявляться в результате ударной волны при образовании импульса. В согласовании с «Методическим пособием по оценке величины ущерба водным биоресурсам при сейсморазведке и электроразведке» [10], влияние наносящее вред на гидрофитную биоту оказывают возникающие при работе пневматических источников волны давления, сменяющиеся волнами разрежения при схлопывании воздушного пузыря. Помимо

этого, на гидробионтов, особенно на тела планктона, воздействует ряд второстепенных факторов: кавитация (гидродинамическая и акустическая) и турбулентность, которые усиливают влияния волн давления и разрежения.

При оценивании влияния пневматических источников на гидрофитные тела в ближайшей к источнику области применяется концепция предельного радиуса влияния, нанесённого гидрофитным биоресурсам. Настоящий тезис означает предел зоны вокруг источника, в границах которой гибнут гидрофитные тела либо наносятся им повреждения, понижающие жизнестойкость, и оно аналогично по смыслу суждению «летальный радиус», рекомендованному в информационно справочном пособии [3], обозначающему максимальную дистанцию от источника, на котором отмечаются эпизоды гибели гидробионтов.

Согласно исследованиям, и единичные, и сгруппированные (в том числе спаренные) пневматические источники (ПИ) проявляют поражающее, вплоть до летального, влияние на рыб (размещённых в садки), на пелагическую икру и планктонных личинок рыб и беспозвоночных, а ещё на зоопланктон (кормовую базу рыб-планктофагов) в радиусе от 2–3 до 5–7,5 м, максимум – до 10 м [2, 9].

Сведения мониторинговых исследований за сейсморазведочными работами в зоне акватории Каспия (Сатпаев, Жамбыл, Жемчужины и др.) довольно чётко демонстрируют то, что влияние, которое оказывается пневматическими источниками на зоопланктон, в сопоставлении с естественными явлениями мизерно и слабо поддаётся количественной оценке. Это связано с тем, что амплитуда природных влияний значительно выше и на их фоне определить воздействие менее значительных факторов сложно.

Наносящее вред влияние упругих волн на гидрофитные тела снижается в радиальном направлении при удалении от источника любого типа в результате расширения фронта волны и рассеяния энергии упругих волн при прохождении через водную среду. Большая часть исследователей сходятся в суждениях, что в качестве предельного радиуса воздействия пневматических пушек на планктонные организмы можно принять 5 м при уровне смертности 2–3 % [10], и 2 м при 50 % смертности.

Для личинок рыб, предельно допустимый радиус влияния ( $R_{max}$ ) – максимальный, предназначенный в пользу изученных планктонных тел. Он приравнивается 18 м, на уровне летальности приблизительно 2–3 %. Для икры рыб данный радиус будет равен 7 м, предположительно на том же уровне летальности, а предельный из принятых в эксперименте с ПИ объёмом 5 л – 10 м для икринок [2]. В тоже время, 50 % уровень летальности станет определяться на дистанции 4 м.

Тенденция к сокращению летальности по мере удаления от пневматического источника, а также снижение его объёмности имеет физическую базу и вследствие этого схожа для всех типов воздействия: единичного либо множественного. Это даёт основание использовать приобретённые согласно сведениям исследований с одиночными пневматическими источниками аспекты, и для случая множественного влияния (воздействия группы пневматических источников).

В общей сложности, влияние пневматических источников при выполнении сейсморазведочных работ на фито- и зоопланктон согласно сведениям предшествующих изысканий, а также по литературной информации характеризуется локальностью и кратковременностью. Влиянию пневматических источников на фито- и зоопланктон, возможно, дать оценку в пространственном масштабе как локальное (1), во временном масштабе – кратковременное (1), интенсивность воздействия – слабая (2). Общая интегральная оценка – 2 балла. Значительность воздействия – низкая.

Кроме пневматических источников в рамках данных ИГИ станут применяться электроискровые источники малой мощности типа «спаркер». На сегодняшний день существует весьма не много сведений о дистанциях, а также уровня влияния на гидрофитные тела электроискровых источников (ЭИ). Используют их в единичном виде на незначительных глубинах. Согласно давлению гидравлического удара, энергия мощного электроискрового источника равная 4 кДж приблизительно равна энергии взрыва 1 г тротила [2]. В испытаниях подмечена гибель рыб, икры рыб и беспозвоночных, размещённых в садки. При применении источника энергоёмкостью 70 кДж на дистанции 10 м от источника была зарегистрирована гибель от 41 до 89 % определённых разновидностей зоопланктона.

Влиянию электроискровых источников на фито- и зоопланктон, возможно, дать оценку в пространственном масштабе как локальное (1), во временном масштабе – кратковременное (1), интенсивность воздействия – слабая (2). Общая интегральная оценка – 2 балла. Важность влияния – невысокая.

Так как в данной работе период стоянки корабля на одной точке с целью отбора пробы либо бурения геотехнической скважины ни как не превосходит нескольких часов, а уже после остановки воздействия уровень мутности сравнивается с фоновым. В таком случае, возможно, говорить, что от влияния взвеси не предполагается смертельного исхода для планктонов.

Необходимо, кроме того выделить то, что влияние на планктон транспортных действий характеризуется локальностью, а также кратковременностью, а согласно масштабам и насыщенности никак не соизмеримо с природными процессами. Обитающие в шельфовой области планктонные

тела приспособлены к периодическим переменам прозрачности воды вследствие сгонно-нагонных явлений и сильных ветров, и значимых перемен в их сообществах не предполагается. Воздействию транспортных операций, а также геотехническим работам на планктонные тела, возможно, дать оценку в пространственном масштабе как ограниченное (2), во временном масштабе – кратковременное (1), интенсивность воздействия – незначительная (1). Общая интегральная оценка – 2 балла. Суммарная значимость воздействия – невысокая.

Ключевыми элементами влияния при водозаборе морской влаги с целью кондиционирования моторов кораблей, а также изготовления пресной воды считаются фито- и зоопланктон. Суммарная необходимость в морской промышленной воде при реализации в целом комплекса ИГИ составит, в том числе период на мобилизацию и демобилизацию 29600,8 м<sup>3</sup> [5, 11].

При передвижении вместе с водой согласно контурам остывания силовых энергетических установок корабля случается гибель фито и зоопланктона.

Отчуждение зоопланктонов в численном отношении до такой степени несущественно, что в обстоятельствах непрерывного передвижения гидрофитных масс на нынешнем аналитическом уровне практически не отмечается. Конкретное влияние на формирование планктона способно иметь небольшое увеличение температуры воды в зоне сбрасывания теплообменных вод, но диапазон присутствия нагретых вод исчерпывается 50–100 м и практически никакого весомого значения на трансформацию природного состояния планктонной среды сбрасывание нагретых вод не проявляет.

В установленной шкале оценок влияния забора, а также сбрасывания воды с целью охлаждения на планктонные тела, возможно дать оценку в пространственном масштабе как локальное (1), во временном масштабе – кратковременное (1), интенсивность воздействия – низкая (2). Единая интегральная оценка – 2 балла. Суммарная значимость влияния – низкая. Сводная оценка воздействия на фито-зоопланктон от всех источников приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка воздействия проведения ИГИ на фито-зоопланктон [1]

Тип воздействия	Пространственный масштаб, балл	Временной масштаб, балл	Интенсивность воздействия, балл	Значимость, баллы
Источники упругих колебаний (пневматические источники и электроискровые источники типа спаркер)	Локальный 1	Кратковременный 1	Слабая 2	Воздействие низкой значимости 2
Создание облаков взмученности при транспортных операциях и геотехнических работах (установка якорей, опускание донной рамы и плиты для бурения скважин)	Локальный 1	Кратковременный 1	Незначительная 1	Воздействие низкой значимости 1
Летальность планктеров при заборе воды для охлаждения двигателей судов и других нужд	Локальный 1	Кратковременный 1	Слабая 2	Воздействие низкой значимости 2

Влияние электроискровых источников на бентос отслеживалось в исследованиях КаспНИРХ и АзНИИРХ. Влияние на зообентос бумера «ЭДИ-3» с энергией импульса 0,5 кДж не разнилось от влияния укороченных спаркеров-кабелей с энергией излучения, уменьшенной до 0,5–1 кДж [11].

Так как в подлинных ИГИ в ходе сейсмоакустического профилирования источники спаркер и бумер станут устанавливаться на глубине 1,5 м от уровня моря, а дистанция до дна будет более 5 м, в таком случае, возможно, допустить, что влияния на бентос эти источники ни как не проявят.

При выполнении геотехнических изысканий буровой корабль или понтон будет становиться на якоря, а для отбора проб применяться электрический вибропробоотборник VibroCorer, обладающий диаметром площади основания – 4,7 м. Область влияния площади основания вибропробоотборника на зообентос на площадке будет равна 312,13 м<sup>2</sup>.

Помимо этого, влияние на бентосные тела будет оказываться при бурении инженерно-геологических скважин, а также скважины статического зондирования на площади, занятой донной плитой. Площадь донной плиты –  $5 \times 5 \text{ м} = 25 \text{ м}^2$ . Площадь нарушения дна при бурении 8 скважин –  $200 \text{ м}^2$ . Общая площадь летального воздействия на макро зообентос составит –  $512,13 \text{ м}^2$ .

Как уже ранее отмечалось, при проведении геотехнических изысканий и бурении скважин буровой корабль или понтон будет становиться на якоря. Максимум 4 якоря на один корабль.

Для отбора 18 проб и бурения 8 скважин необходимо станет реализовать 26 постановок на якоря. В совокупности число использованных якорей – 104.

Постановка на якоря при выполнении геотехнических изысканий, а также бурения выполняется отдачей двух носовых якорей и двух кормовых якорей (дистанция между лапами  $1,07 \text{ м}$ ) (Программа работ на выполнение инженерных изысканий, 2017). Отданный якорь ложится на почву. При натяжении якорной цепи захваты упираются в почву и вынуждают зарываться лапы. Перед фиксации в грунте якорь и якорная цепь определённый период медленно двигаются по дну, пропахивая борозду, вместе с тем дистанция от места падения до закрепления якоря может составить  $1-5 \text{ м}$  (в среднем –  $3 \text{ м}$ ). Длина дрейфа якоря находится в зависимости от механических качеств почвы, массы корабля, скорости ветра, течения, а также иных многочисленных условий. Следовательно, площадь поражения дна при постановке на якорь составит:  $S = 1,07 \text{ м} \times 3,0 \text{ м} = 3,21 \text{ м}^2$ .

Суммарная площадь губительного влияния на макрозообентос для отбора 18 проб и бурения 8 составит –  $104 \times 3,21 = 333,84 \text{ м}^2$ .

В ходе ИГИ корабли также будут становиться на один якорь в ночной период времени. Подсчёт числа постановок на якоря в ходе выполнения ИГИ при разных типах исследований и кроме этого площади нарушения дна при этом, приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Расчёт количества постановок судов на якоря при работах по ИГИ на участке «Женис»

Вид работ	Судов, ед.	Суток, ед.	Площадь нарушения дна 1 якорем, $\text{м}^2$	Площадь нарушения дна, $\text{м}^2$
Инженерно-геофизические изыска-	1	24	3,21	77,04
Сейсморазведка МОГТ ВРС	1	14	3,21	44,94
Геотехнические исследования	1	24	3,21	77,04
Всего, $\text{м}^2$	3	62		199,02

В результате, суммарная площадь нарушенной поверхности дна исследуемой акватории составит:  $512,13 \text{ м}^2 + 333,84 \text{ м}^2 + 199,02 \text{ м}^2 = 1044,99 \text{ м}^2$ .

В связи с этим, влияние на бентосные тела при выполнении работ по отбору проб и бурении инженерно-геологических скважин будет несущественно благодаря невысокой сосредоточенности бентосных тел и низкой площади поражения. Бентосные тела на протяжении одного – двух сезонов реконструируют сообщество в данной области, в результате чего, естественная сфера хранит способность к самовосстановлению.

В установленной шкале оценок влияние отбора проб на бентосные тела возможно оценить в пространственном масштабе как локальное (1), во временном масштабе – кратковременное (1), интенсивность воздействия – слабая (2). Общая интегральная оценка 2 балла. Совокупная значимость воздействия – невысокая.

Все другие разновидности работ, производимые в рамках ИГИ, сопровождаемые применением доставляемого в гидрофитной толще оборудования (эхолота, гондол, гидролокатора, сейсмокосы и магнитометра) ни как не проявят прямого влияния на бентос, т.к. оборудование станет, переправляться в подвешенном пребывании, и ни как не станет контактировать с дном. Сводная оценка воздействия на бентос от всех источников приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка воздействия проведения ИГИ на бентос

Вид воздействия	Пространственный масштаб, балл	Временной масштаб, балл	Интенсивность воздействия, балл	Значимость, баллы
Источники упругих колебаний (пнеумоисточники и электроискровые источники типа спаркер)	Локальный 1	Кратковременный 1	Незначительная 1	Воздействие низкой значимости 1
Геотехнические работы (установка якорей, Опускание донной рамы и плиты для бурения скважин)	Локальный 1	Кратковременный 1	Слабая 2	Воздействие низкой значимости 2

Как демонстрирует документальная литература, влияние пневматических источников на взрослых особей и молодь имеют ряд отличий. Данные отличия обуславливаются, в основном, массой персональных особей, испытывающих воздействие.

Икра и ранняя молодь рыб обладают значительной восприимчивостью. Гибельные последствия для икры, личинок и мальков прослеживаются вблизи (1–10 м) от пневматических пушек при уровнях свыше 200 дБ относительно 1 мкПа. Смерть икринок отмечается на дистанции 5 метров от пневматической пушки. В кругу личинок с желточным мешком степень летальности составляет 40–50 % на дистанции 2–3 м. Высокая степень летальности постличиночных стадий формирования наблюдался также на расстоянии 1–2 м от пневматического источника. Следует выделить, что влияние на икру и личинок рыб подобно воздействию на зоопланктон.

У взрослых рыб возможны существенные перемены в поведении, такие как реакция ухода. Может иметься физиологическое влияние акустической энергии в наполненных газом органах, к примеру, в плавательном пузыре, и имеются все шансы возникновения дополнительных проблем у видов, которые характеризуются механическим присоединением плавательного пузыря к внутреннему уху. Рыбы, не обладающие плавательным пузырем, менее восприимчивы к воздействию механических волн и акустическому влиянию звуковых волн. В низкочастотном спектре рыбы улавливают звуковые (и упругие) волны боковой линией, а высокочастотные звуки – органами слуха [11].

Влияние пневматических источников сказывается на взрослых рыбах не более, чем в 3 м от эпицентра. В подобных расстояниях воздействие упругих волн порождает не критичные повреждения капилляров в склере глаза и брюшной полости, увеличение плавательного пузыря, нарушение вестибулярного аппарата. Подобные дефекты не являются смертельными, по истечению некоторого времени самочувствие рыб улучшается. Поражение рыб допустимо в эпицентре взрыва либо в непосредственной близости от источника, впрочем, стабилизируется поведение обычно через 5 минут. На расстоянии 3 м показателей оглушения рыб не отслеживалось.

При мониторинговых слежениях за сейсморазведочными работами на Каспии не было визуально зафиксировано ни одного эпизода оглушения рыбы. Необходимо выделить то, что акустические волны, создаваемые пневматическими источниками, оказывают на рыб раздражающее влияние, в результате чего они стараются быстро покинуть зону воздействия (за исключением бычковых). Максимальное влияние пневматические источники окажут на личинки рыб и планктон. Как было заявлено выше, для личинок рыб допустимый радиус воздействия можно принять равным 18 м. на уровне летальности около 2–3 %. Для икры рыб данный радиус равен 7 м приблизительно на том же уровне смертности, а максимальный из установленных в эксперименте с ПИ объемом 5 л – 10 м для икринок [2]. Степень летальности свыше 50 % будет отмечаться на расстоянии не более 4 м.

Из чего следует, в установленной шкале оценок влияние пневматических источников на иктиопланктон возможно оценить в пространственном масштабе как локальное (1), во временном масштабе кратковременное (1), интенсивность воздействия – слабая (2). Общая интегральная оценка – 2 балла. Значимость воздействия – низкая. Расценивая влияние на взрослых рыб по этой же методе, получим, что при незначительной интенсивности воздействия, интегральная оценка – низкая (1 балл).

Опосредованное воздействие на рыбу проявляет снижение кормовой базы из-за смерти некоторого числа планктона и бентоса вследствие выполнения ИГИ на участке 5x5 км. Между тем, зоны данных влияний незначительны по сопоставлению с площадью Каспия, которая считается основополагающей кормовой базой рыб. Более того, количество кормовых организмов довольно

быстро возродится после остановки воздействия. Это воздействие с учётом его масштабов может быть охарактеризовано как «низкое».

Ещё один тип воздействия на рыб – это увеличение мутности воды при геотехнических работах. Возможно, отметить следующие ключевые механизмы негативного влияния на рыб, увеличенных (по сравнению со средним фоном) концентраций взвеси:

- а) отклонения в поведении и в миграции рыб;
- б) непосредственное механическое влияние на жаберный аппарат и иные органы с дальнейшими физиолого-биохимическими преобразованиями, вплоть до смерти рыб;
- в) стрессы и поражения на эмбриональных и постэмбриональных этапах формирования;
- г) нарушение качества питания рыб;
- д) изменение кислородного режима за счёт сорбции органического вещества на взвешенных частицах и последующего разложения органики.

В противоположность основной массе представителей бентоса рыбы обладают способностью избегать зон повышенной мутности. Как представлено в определённых трудах, в периоды массовых нерестовых миграций повышенная мутность воды едва ли способна стать преградой для рыб, в особенности для проходных и полупроходных, вся физиология и жизненный потенциал которых устремлён на движение к зоне нереста [11].

Максимально чувствителен к повышению мутности ихтиопланктон, на которого будет оказано такое же воздействие, как и на зоопланктон.

Забор воды на охлаждение силовых установок кораблей не окажет никакого воздействия на ихтиофауну. Кингстоны абсолютно всех водозаборных механизмов кораблей оборудованы рыбоохранными приборами, что исключает смерть рыбы при заборе воды на охлаждение. Требования к рыбоохранному оборудованию водозаборных и сбросных сооружений изложены в Приказе Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 31 мая 2019 года № 221. На ихтиопланктон оказывается подобное воздействие, как и на зоопланктон, т.е. невысокое.

В соответствии с данными Совета Полевых Исследований FSC (Великобритания) [12] максимальное влияние пневматических источников на тюленей совершается в то время, когда беременные самки располагаются рядом с выстрелами, либо влиянию подвергаются щенки, оказавшиеся на льду. Радиус слышимости для тюленей в воде во много раз превосходит область, в которой пневматический источник способен проявить травмирующее воздействие на тюленя. Как правило, они по приёму сигнала оставляют область проведения работ. Учитывая период выполнения работ (период открытой воды), весьма невысокую концентрацию тюленей на участке в осенний период, возможность того, что животное очутится в непосредственной близости от источника, весьма незначительна.

На участке «Женис» в промежутке выполнения работ воздействию на тюленей, возможно, дать оценку, как локальное (1), кратковременное (1), незначительное (1) и в целом суммарную значимость воздействия как низкую – 1 балл (фактор беспокойства). Каких бы то ни было перемен в состоянии популяции каспийских тюленей, проектируемые ИГИ за собой, не повлекут. Ключевые условия воздействия проектируемых работ на морских птиц, нижеследующие: столкновение с высотными конструкциями (кранами, буровыми вышками); отпугивание птиц из-за повышенного шума в процессе сейсморазведочных работ ВРС МОГТ, бурения скважин, работы судового и исследовательского оборудования, движения судов; привлечение птиц из-за освещённости в ночное время.

Влияние проектируемых работ на орнитофауну будет иметь невысокую ценность по причине того, что зона работ находится вдалеке от берега, где птицы попадают только лишь на пролёте, промежуток работ составляет меньше 3-х месяцев, в которых будет задействовано ограниченное количество кораблей (не более 2-х одновременно) малого тоннажа. В ходе проектируемых ИГИ перевозимое в гидрофитной толще спецоборудование (эхолот, гондолы гидролокатора и магнитометра, приёмоизлучающие устройства: спаркер и бумер, пневматические источники, сейсмокоса) станет перемещаться в подвешенном состоянии, не контактируя с дном. Соответственно, влияния на низкорослую морскую флору перевозимое в водной толще спецоборудование проявлять никак не будет.

Из-за низкой площади поражения влияние на гидрофитную флору, будет незначительным при выполнении работ по отбору проб и бурении инженерно-геологических скважин, а кроме того при постановке кораблей на якоря. Гидрофитная флора по истечению одного – двух сезонов возродится на данном участке, в связи, с чем естественная сфера сохраняет способность к самовосстановлению. В установленной шкале оценок воздействие производственных процессов, сопряжённых с инженерно-гидрографическими, а также инженерно-геофизическими, а кроме того

геотехническими разработками на гидрофитную флору можно оценить в пространственном масштабе как локальное (1), во временном масштабе – кратковременное (1), интенсивность воздействия – незначительная (1). Суммарная значимость воздействия – низкая (1 балл) [11].

В итоге, опираясь на исследовании вышеизложенной ситуации, принятых проектных решений, а также их ожидаемых последствий было выявлено, то, что при проведении инженерно-геологических изысканий на участке «Женис» воздействие на биологические объекты акватории Каспийского моря будет незначительным.

Классифицируя условия воздействия проектируемых исследований на биосферу рассматриваемого района, их, возможно, условно поделить на факторы физического и химико-биологического воздействия. Все они окажут в основном незначительное, кратковременное воздействие на составные элементы естественной среды, так как планируемая деятельность не является экологически опасным типом деятельности. Тем не менее, даже при таком положении дел необходимость принятия решений относительно ещё большего снижения этих воздействий путём повышения экологических требований к техническим и технологическим средствам обеспечения работ очевидна.

#### Список источников

1. Атлас Мангистауской области, Институт географии, Алматы. 2010.
2. Векилов Э. Х. Исследование влияния упругих и электрических полей ихтиофауны в связи с повышением зффективности морских геофизических работ: автореферат канд. диссерт. – Москва, 1995. 64 с.
3. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Казахстанской части Каспийского моря за 2018 год (МООС РК, РГП «Казгидромет», Департамент экологического мониторинга). С. 15–26.
4. Карабаева А. З., Морозова Л. А. Геоэкологическая оценка воздействия инженерно-геологических изысканий акватории Каспийского моря на окружающую среду // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2021. № 4 (83). С. 50–56.
5. Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию. РГП Казгидромет. Алматы. 2001, 74 с.
6. Методические указания по проведению оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. Астана, 2010. 80 с.
7. Морозова Л. А., Карабаева А. З. Геоэкологическое состояние окружающей природной среды в районе нефтегазового участка «Женис» шельфовой зоны Каспия // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2021. № 3 (82). С. 106–114.
8. Проект разведочных работ на участке «Женис» и предварительная оценка воздействия на окружающую среду планируемых работ. ТОО «КМГ Инжиниринг», 2020. С. 124–130.
9. Семёнов В. Н., Архипов Б. В., Солбаков В. В. Методика оценки воздействия на планктонные организмы пневмоисточников, применяемых в сейсморазведке // Нефть и газ арктического шельфа. Материалы Междунар. конф., Мурманск, 17–19 ноября 2004 г. Мурманск: КНЦ РАН, 2004. С. 245–255.
10. Семёнов В. Н., Зуенко Ю. И., Атаманова И. А. и др. Методическое пособие по оценке размера вреда водным биоресурсам при сейсморазведке и электроразведке. Москва: Изд-во ВНИРО, 2016. 86 с.
11. Хмелевский С. М., Буркитбаев Ж. А., Носков В. В. и др. Технический проект по проведению инженерно – геологических изысканий на точке заложения разведочной скважины V-1, книга 2 «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС), ТОО «ЖенисОперейтинг», ТОО «SED». Алматы, 2020. С. 286.
12. Экологические мониторинговые исследования окружающей среды Северо-Восточного Каспия при освоении месторождений компанией НКОК Н.В. в период с 2006 по 2016 годы. Алматы: НКОК Н.В., КАПЭ, 2018. 400 с.

#### References

1. Atlas of Mangystau region, Institute of Geography, Almaty. 2010. (In Kaz.).
2. Vekilov E. H. Investigation of the influence of elastic and electric fields on ichthyofauna in connection with the increased efficiency of marine geophysical work. Abstract of the candidate: dissert. Moscow; 1995:64. (In Russ.).
3. Information bulletin on the state of the environment of the Kazakh part of the Caspian Sea for 2018 (MOE RK, RSE «Kazhydromet», Department of Environmental Monitoring): 15–26. (In Kaz.).

4. Karabaeva A. Z., Morozova L. A., Geoecological impact assessment of engineering-geological surveys of the Caspian Sea water area on the environment. *Geology, geography and global energy*. Astrakhan: Publishing house «Astrakhan University»; 2021;4(83):50–56. (In Russ.).
5. Methodological recommendations for conducting comprehensive surveys and assessment of environmental pollution in areas subject to intense anthropogenic impact. RSE Kazhydromet. Almaty; 2001:74. (In Kaz.).
6. Methodological guidelines for assessing the impact of economic activity on the environment. Astana. 2010:80. (In Kaz.).
7. Morozova L. A., Karabaeva A. Z. Geoecological state of the natural environment in the area of the Zhenis oil and gas site of the Caspian shelf zone. *Geology, geography and global energy*. Astrakhan: Publishing house «Astrakhan University»; 2021;3(82):106–114. (In Russ.).
8. Exploration project at the Zhenis site and preliminary environmental impact assessment of the planned works. KMG Engineering LLP. 2020:124–130. (In Kaz.).
9. Semenov V. N., Arkhipov B. V., Solbakov V. V. Methodology for assessing the impact on planktonic organisms of pneumatic sources used in seismic exploration. *Oil and gas of the Arctic shelf*. Proceedings of the International Conference, Murmansk, November 17–19, 2004. Murmansk: KNC RAS; 2004:245–255. (In Russ.).
10. Semenov V. N., Zuenko Yu. I., Atamanova I. A. and others. Methodological guide for assessing the amount of harm to aquatic biological resources in seismic and electrical exploration. Moscow: VNIRO Publishing House; 2016:86. (In Russ.).
11. Khmelevsky S. M., Burkitbayev Zh. A., Noskov V. V., etc. Technical project for carrying out engineering and geological surveys at the point of laying of the exploration well V–1, book 2 "Environmental impact Assessment" (EIA), «ZheniSoperiting» LLP, «SED» LLP. Almaty; 2020:286. (In Kaz.).
12. Environmental monitoring studies of the environment of the North-Eastern Caspian Sea during the development of deposits by NCOC N.V. in the period from 2006 to 2016. Almaty: NCOC N. V., KAPE; 2018:400. (In Kaz.).

Информация об авторах

Карабаева А. З. – кандидат географических наук, доцент;  
Морозова Л. А. – кандидат географических наук, доцент.

Information about the authors

Karabayeva A. Z. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Associate Professor;  
Morozova L. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, 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 13.12.2022; одобрена после рецензирования 16.01.2023; принята к публикации 03.02.2023.

The article was submitted 13.12.2022; approved after reviewing 16.01.2023; accepted for publication 03.02.2023.

*Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 105–111.  
*Geology, geography and globally.* 2023;1(88):105–111. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 911.8  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_105

### МИКРОМАСШТАБНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСТРОЙКИ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ

Маленёв Александр Игоревич<sup>1</sup>✉, Семёнов Михаил Евгеньевич<sup>2</sup>, Сумин Александр Иванович<sup>3</sup>, Дьяков Сергей Александрович<sup>4</sup>, Закусиллов Вадим Павлович<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия

<sup>1</sup>aleksandr-malenov@yandex.ru ✉

<sup>2</sup>mk1150@mail.ru

<sup>3</sup>sumin\_1976@mail.ru

<sup>4</sup>karino\_ai@mail.ru

<sup>5</sup>zakusilov04@yandex.ru

**Аннотация.** В статье предлагается модель переноса вредных примесей в условиях застройки различной плотности на модельных примерах. Изучается движение частиц вредных примесей, увлекаемых основным потоком. Основные положения модели формализуются в рамках теории дискретных вихрей: строится вспомогательная виртуальная система, являющаяся зеркальным отражением системы зданий и сооружений. Динамика вихревых потоков основной и вспомогательной системы развивается симметрично, относительно земной поверхности. При этом условие не протекания на земной поверхности выполняется автоматически. Циркуляции основных вихрей вычисляются из системы линейных уравнений, являющейся следствием не протекания на границах обтекаемых сооружений, далее определяются компоненты вектора скорости и координаты дискретных вихрей. Приводятся результаты численных экспериментов на модельных примерах.

**Ключевые слова:** модель, дискретный вихрь, ветровой поток

**Для цитирования:** Маленёв А. И., Семёнов М. Е., Сумин А. И., Дьяков С. А., Закусиллов В. П. Микромасштабная модель переноса вредных примесей в условиях застройки различной плотности // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 105–111. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_105](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_105).

### MICROMASTABLE MODEL OF TRANSPORT OF HARMFUL IMPURITIES IN THE CONDITIONS OF BUILDINGS OF DIFFERENT DENSITIES

Alexander I. Malenev<sup>1</sup>✉, Mikhail E. Semenov<sup>2</sup>, Alexander I. Sumin<sup>3</sup>, Sergey A. Dyakov<sup>4</sup>, Vadim P. Zakusilov<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Military Training and Research Center «Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin», Voronezh, Russian Federation

<sup>1</sup>aleksandr-malenov@yandex.ru ✉

<sup>2</sup>mk1150@mail.ru

<sup>3</sup>sumin\_1976@mail.ru

<sup>4</sup>karino\_ai@mail.ru

<sup>5</sup>zakusilov04@yandex.ru

**Abstract.** The article proposes a model for the transfer of harmful impurities in building conditions of different densities based on model examples, which is based on the hydrodynamic model of an ideal inviscid fluid. The movement of particles of harmful impurities involved in the main stream is studied. The main provisions of the model are formalized in the framework of the theory of discrete vortices: an auxiliary virtual system is being built, which is a mirror image of the system of buildings and structures relative to the earth's surface. The dynamics of vortex flows of the main and auxiliary systems develops symmetrically relative to the earth's surface. In this case, the condition of not leaking on the earth's surface is fulfilled automatically. The circulations of the main vortices are found from a system of linear equations, which is a consequence of not flowing at the boundaries of streamlined structures. Then the components of the velocity vector and the coordinates of discrete vortices are determined. The results of numerical experiments on model examples are presented.

**Keywords:** model, discrete vortex, wind flow

**For citation:** Malenev A. I., Semenov M. E., Sumin A. I., Dyakov S. A., Zakusilov V. P. Micromastable model of transport of harmful impurities in the conditions of buildings of different densities. *Geology, geography and globally*. 2023;1(88):105–111. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_105](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_105).

### Введение

Хорошо известно, что основные способы распространения вредных примесей в условиях застройки различной плотности основаны либо на диффузионных механизмах, либо на направленном переносе, когда примеси увлекаются преимущественным воздушным потоком. В обоих случаях для моделирования процесса распространения и переноса примесей необходимо решать задачу, связанную с корректной формализацией граничных условий. Универсального метода, описывающего граничные условия в условиях общего вида, не создано. В этой связи разработка метода формализации граничных условий в задаче направленного распространения примесей представляется важной и актуальной. В настоящей статье представлена характеристика основанной на модели идеальной жидкости и построенной с использованием метода дискретных вихрей математической модели. В этой связи имеется возможность определения поля скорости переноса примесей рядом с архитектурными сооружениями (одним или несколькими). Также обеспечивается возможность формирования детальной картины линий тока [1].

### Объект исследования

Представляется необходимым представить характеристику основанной на методе дискретных вихрей модели, отражающей особенности движения вредных примесей. На рис. 1 представлены составляющие архитектурного комплекса в виде малой архитектурной постройки и здания.

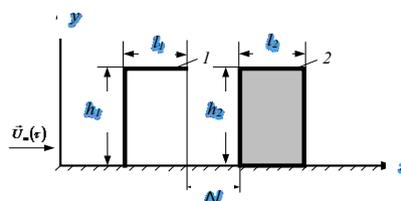


Рисунок 1 – Расчётная область

Анализируемый процесс связан с отрывным нестационарным обтеканием указанного комплекса. Геометрические размеры сооружений представлены на рис. 1 (расстояние между сооружениями  $\Delta l$ , длина  $l_1, l_2$ , высота  $h_1, h_2$ ).

Скорость движения потока примесей вдоль положительной оси  $Ox$  постоянна и составляет  $\bar{U}_\infty(\tau)$   $h_1$  является высотой первого из относящихся к архитектурному комплексу сооружений. Размер составляет  $l = h_1$ ,  $\tau$  является физическим временем,  $\tau$  – безразмерным временем. Скорость потока обозначена  $\bar{U}_\infty(\tau)$ . Таким образом, определение безразмерного времени производится из выражения  $\bar{U}_\infty(\tau) \cdot t/l$ ,  $\Delta\tau \approx 1/n$  является безразмерным шагом по времени. В данном выражении количество присоединённых вихрей обозначено  $n$ . Далее следует смоделировать поток над сооружениями.

Составляющие схем представлены в виде вихрей, являющихся присоединёнными, и вихревых пелён, являющихся свободными. Сходящие в момент времени  $\tau$  с изломов поверхностей пелены обозначены  $\delta_1^r, \delta_2^r, \delta_3^r, \delta_4^r$ . Величины циркуляций указанных вихрей  $\Gamma_\mu$  идентичны (рис. 2) [2].

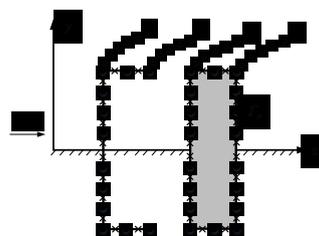


Рисунок 2 – Модель поверхности

Следует отметить симметричность движения в вихревых системах, являющихся зеркальными, вышеуказанных вихрей и пелён. В схеме на рис. 2, имеется две составляющих в виде контрольных точек и вихрей дискретного типа. Между точками находятся линии  $\mu$ , на которых располагаются вихри. Линии  $\nu$  являются местом расположения контрольных точек  $n$ , в которых точках выполняется условие непроницаемости.

Указанные параметры присущи основной системе, а также вихревой системе, которая отображена зеркально (рис. 2).

Система уравнений (1) отражает условие бесциркуляционного обтекания и условие непроницаемости на поверхности сооружений,

$$\sum_{\nu=0}^n \left[ \sum_{\mu=0}^n \Gamma_{\mu} (a_{\nu\mu} - a'_{\nu\mu}) = -\cos(\vec{U}_{\infty}, \vec{n})_{\nu} - \sum_{kk=1}^4 \sum_{i=1}^k \delta_{kk,i} (a_{kk,i} - a'_{kk,i})_{\nu} \right], \quad (1)$$

В данном уравнении:

$\cos(\vec{U}_{\infty}, \vec{n})_{\nu}$  является  $\cos$  угла между  $\vec{n}$  к поверхности тела в каждой контрольной точке, а также вектором скорости основного ветрового потока  $\vec{U}_{\infty}(\tau)$ ;

$\Gamma_{\mu}$  – циркуляция вихря;

$k$  – число свободных вихрей в потоке;

$a_{\nu\mu}, a'_{\nu\mu}$  – составляющая скорости в контрольной точке;

$kk$  – порядковым номером вихревой пелены;

$(a_{kk,i})_{\nu}, (a'_{kk,i})_{\nu}$  – составляющая скорости в контрольной точке  $\nu$  от свободного вихря  $i$  [1, 2].

Циркуляции вихрей  $\delta_1^{\tau}, \delta_2^{\tau}, \delta_3^{\tau}, \delta_4^{\tau}$ , которые свободны, в моменты времени  $\tau$ ,  $i = \overline{1, k}$ , определяются значениями циркуляций  $\Gamma_{\mu}$  присоединённых дискретных вихрей в местах, где имеется излом поверхностей сооружений.

Определение нового положения вихрей, являющихся свободными [6]:

$$\begin{cases} x_{kk,i}^{\tau+1} = x_{kk,i}^{\tau} + \left[ \sum_{\mu=0}^n (V_x - V'_x)_{i\mu} + \sum_{j=0}^k (V_x - V'_x)_{ij} + U(\tau) \right] \Delta t, \\ y_{kk,i}^{\tau+1} = y_{kk,i}^{\tau} + \left[ \sum_{\mu=0}^n (V_y - V'_y)_{i\mu} + \sum_{j=0}^k (V_y - V'_y)_{ij} \right] \Delta t; \quad i = \overline{1, k}; \quad kk = \overline{1, 4} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $(V_x)_{i\mu}, (V'_x)_{i\mu}, (V_y)_{i\mu}, (V'_y)_{i\mu}, (V_x)_{ij}, (V'_x)_{ij}, (V_y)_{ij}, (V'_y)_{ij}$  – компоненты скорости основного ветрового потока, которые можно найти из соотношения (3):

$$\begin{cases} V_{xik} = -\frac{1}{2\pi} \frac{y_k - y_i}{2\pi(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2}, \\ V_{yik} = \frac{1}{2\pi} \frac{y_k - y_i}{2\pi(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2} \end{cases}, \quad (3)$$

Основываясь на определении развитого вихревого потока соотношения (4), можем построить линий тока рядом с архитектурными сооружениями рассмотренных.

$$\frac{dx}{V_x} = \frac{dx}{V_y}, \quad (4)$$

где  $V_x, V_y$  – являются компонентами скорости примесей в точке плоскости  $q$  от вихрей, которые сходят с кромок  $\delta_1, \delta'_1, \delta_2, \delta'_2, \delta_3, \delta'_3, \delta_4, \delta'_4$  и от вихрей, являющихся присоединёнными.

Определение компонент скоростей:

$$\begin{cases} (V_x)_q = \sum_{r=1}^p \sum_{i=0}^n \Gamma_{\mu_r} (V_{x\mu_r} - V'_{x\mu_r})_i + \sum_{rr=1}^{pp} \sum_{j=1}^n \Gamma_{\delta_{rr}} (V_{x\delta_{rr}} - V'_{x\delta_{rr}})_j + U_{\infty}(\tau), \\ (V_y)_q = \sum_{r=1}^p \sum_{i=0}^n \Gamma_{\mu_r} (V_{y\mu_r} - V'_{y\mu_r})_i + \sum_{rr=1}^{pp} \sum_{j=1}^n \Gamma_{\delta_{rr}} (V_{y\delta_{rr}} - V'_{y\delta_{rr}})_j \end{cases} \quad (5)$$

где  $(V_x)_q, (V_y)_q$  – являются компонентами скорости в точке плоскости  $(x_q, y_q)$ , соответствующими сумме компонент скорости от вихревой системы (3) в целом (т.е. от вихрей  $\delta_{rr}$  ( $V_{x\delta_{rr}}, V_{y\delta_{rr}}$ ), являющихся свободными, которые идут с острых кромок, и от вихрей  $\mu_r$  ( $V_{x\mu_r}, V_{y\mu_r}$ ), являющихся присоединёнными;  $\Gamma_{\mu_r}$  является циркуляцией присоединённого вихря  $\mu$  сооружения  $r$ ,  $\Gamma_{\delta_{rr}}$  – циркуляцией вихря, являющегося свободным, вихревой пелены  $rr$ ,  $U_{\infty}(r)$  – скоростью набегающего потока [4].

1. Результаты и обсуждение.

Поле скорости, структура вихревого потока и линии тока строятся применительно к обтеканию ветровым потоком вышеуказанных сооружений с одинаковыми высотой и длиной.

Анализируются 3 сценария:  $\Delta l = 3l, \Delta l = 2l, \Delta l = l$ , где  $l$  является характерным размером, расстояние сооружений друг от друга обозначено  $\Delta l$ . Рис. 3–5 отражают результаты, полученные при создании модели потока с использованием компьютера [3, 4]. Данные результаты получены в интервале времени, равном 20 сек., т.е. при 50 итерациях.

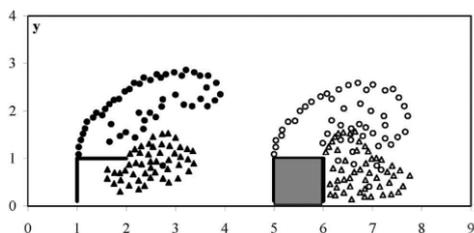


Рисунок 3 – Поток  $\Delta l = 3l$

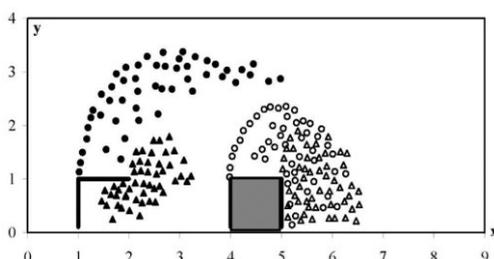


Рисунок 4 – Поток  $\Delta l = 2l$

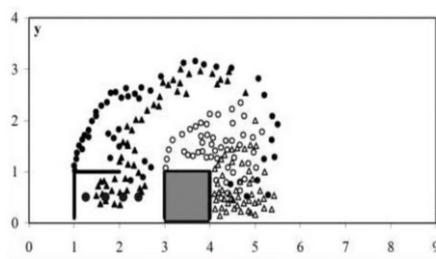


Рисунок 5 – Поток  $\Delta l = l$

Таким образом, представляется необходимым отметить следующее:

1. Рис. 3 отражает ситуацию достаточно значительного расстояния между сооружениями  $\Delta l = 3l$ . Образуются застойные зоны в силу наличия потока высокой мощности на стороне основного сооружения, являющейся подветренной, и в малом сооружении.

2. На рис. 4 отображена ситуация, при которой  $\Delta l = 2l$ , т.е. расстояние является менее значительным. Происходит диффузия сходящихся с малого сооружения вихревых пелён в формирующийся рядом с основным сооружением поток.

3. Рис. 5 отражает ситуацию дальнейшего сокращения расстояния  $\Delta l = l$ . На рисунке изображено образование в малом сооружении и в имеющихся между сооружениями пространстве интенсивных завихрений [5].

На основе представленных результатов построены линии тока (рис. 6) согласно 3 варианту размещения сооружений. На рис. 6 отражено, что образуются зоны с возвратным течением.

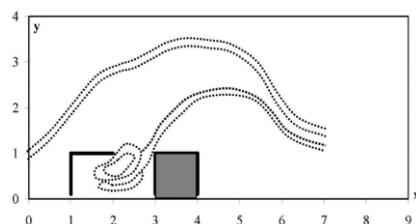


Рисунок 6 – Линии тока  $\Delta L = l$

Рис. 7 отражает определение поля скорости потока. За счёт использования разработанной модели обеспечивается возможность определения значения вектора скорости движения примесей при различном удалении от земной поверхности. Также использование модели позволяет определить, как направлен вектор перемещения. Посредством модели могут быть получены сведения при различной высоте расположения расчётных точек [6, 7]. Таблица 1 отражает результаты расчётов на основе соотношений (1)–(4).

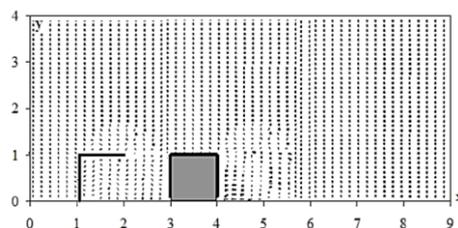


Рисунок 7 – Поле скорости при  $\Delta L = l$

Таблица 1 – Значения вектора скорости движения примесей при различном удалении от земной поверхности

Высота	Скорость, $\vec{V}$ в контрольных точках			
	1	2	3	4
0,3 h	0,13 $\vec{V}$	0,25 $\vec{V}$	0,33 $\vec{V}$	0,62 $\vec{V}$
0,2 h	0,11 $\vec{V}$	0,21 $\vec{V}$	0,31 $\vec{V}$	0,53 $\vec{V}$
0,1 h	0,08 $\vec{V}$	0,10 $\vec{V}$	0,23 $\vec{V}$	0,32 $\vec{V}$

### Вывод

В рамках данной работы представлена созданная на основе метода дискретных вихрей модель переноса присутствующих в основном потоке примесей. Была построена вспомогательная система, являющаяся зеркальным отражением системы зданий и сооружений, относительно земной поверхности. В предложенной модели, динамика вихревых потоков основной и вспомогательной системы развивалась симметрично, относительно земной поверхности. При этом условие не протекания на земной поверхности выполнялось автоматически. Циркуляции основных вихрей удалось найти из системы линейных уравнений, являющейся следствием не протекания на границах обтекаемых сооружений, далее определяются компоненты вектора скорости и координаты дискретных вихрей. Приведены результаты численных экспериментов на модельных примерах.

### Список источников

1. Маленёв А. И., Семёнов М. Е. Динамические характеристики ветровых потоков // Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы 14 Международной научно-методической конференции, Воронежский государственный университет. 2014. Т. 1, С. 55–57.
2. Маленёв А. И. Семёнов М. Е. Моделирование динамики воздушных масс при обтекании искусственных сооружений // «Академические Жуковские чтения. Системы гидрометеорологического, экологического и специального мониторинга: методологические аспекты повышения качества функционирования», Всероссийская научно-практическая конференция, ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, 20–21 ноября, 2013. С. 55–59.

3. Маленёв А. И. Математическая модель на базе метода дискретных вихрей // Научно-практический журнал «Аспирант». 2016. № 3. С. 55–57.

4. Fahad M., Islam A., Islam G., and Bala S.K. (2015) The Projection of Temperature and Precipitation over Bangladesh under RCP Scenarios using CMIP5 MultiModel Ensemble. Proceedings of the International Conference on Recent Innovation in Civil Engineering for Sustainable Development, Gazipur, 11–13 December, 2015. WRE-037.

5. Mondal A. S. M., Islam S., and Madhu M.K. Spatial and Temporal Distribution of Temperature, Rainfall, Sunshine and Humidity in Context of Crop Agriculture, Comprehensive Disaster Management Programme (CDMP II). Ministry of Disaster Management and Relief, Dhaka. 2012. 1 p.

6. Rouf M. A., Uddin M. K., Debsarma S. K., and Rahman M. M. Climate of Bangladesh: An Analysis of NorthWestern and SouthWestern Part using High Resolution AtmosphereOcean General Circulation Model (AOGCM). A Scientific Journal of Krishi Foundation. 2011. No. 9. P. 143–154.

7. Karl T. R., Katz R. W. A new face for climate dice // PNAS. 2012. Vol. 109. No. 37. P. 147–148.

#### References

1. Malenev A. I., Semenov M. E. Dynamic characteristics of wind flows. *Informatics: problems, methodology, technologies*. Materials of the 14th International Scientific and Methodological Conference, Voronezh State University. 2014;1:55–57. (In Russ.).

2. Malenev A. I., Semenov M. E. Modeling of the dynamics of air masses in the flow of artificial structures. *Academic Zhukovsky readings. Systems of hydrometeorological, environmental and special monitoring: methodological aspects of improving the quality of functioning*, All-Russian Scientific and Practical Conference, VUNTS VVS «VVA», Voronezh, November 20–21. 2013:55–59. (In Russ.).

3. Malenev A. I. Mathematical model based on the method of discrete vortices. *Scientific and practical journal «Postgraduate Student»*. 2016;3:55–57. (In Russ.).

4. Fahad M., Islam A., Islam G., and Bala S. K. (2015) The Projection of Temperature and Precipitation over Bangladesh under RCP Scenarios using CMIP5 MultiModel Ensemble. Proceedings of the International Conference on Recent Innovation in Civil Engineering for Sustainable Development, Gazipur, 11–13 December, 2015. WRE-037.

5. Mondal A. S. M., Islam S., and Madhu M. K. Spatial and Temporal Distribution of Temperature, Rainfall, Sunshine and Humidity in Context of Crop Agriculture, Comprehensive Disaster Management Programme (CDMP II). Ministry of Disaster Management and Relief, Dhaka. 2012:1.

6. Rouf M. A., Uddin M. K., Debsarma S. K., and Rahman M. M. Climate of Bangladesh: An Analysis of NorthWestern and SouthWestern Part using High Resolution Atmosphere Ocean General Circulation Model (AOGCM). A Scientific Journal of Krishi Foundation. 2011;(9):143–154.

7. Karl T. R., Katz R. W. A new face for climate dice. PNAS. 2012;109(37):147–148.

#### Информация об авторах

Маленёв А. И. – соискатель, начальник лаборатории кафедры;

Семёнов М. Е. – профессор, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической гидрометеорологии;

Сумин А. И. – профессор, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математики;

Дьяков С. А. – кандидат географических наук, заместитель начальника кафедры гидрометеорологического обеспечения;

Закусилов В. П. – доцент, кандидат географических наук, доцент кафедры гидрометеорологического обеспечения.

#### Information about the authors

Malenev A. I. – Applicant, head of the laboratory departments;

Semenov M. E. – Professor, Doctor of Sciences (Physical and Mathematical), Professor of the Department Theoretical Hydrometeorology;

Sumin A. I. – Professor, Doctor of Sciences (Physical and Mathematical), Professor of the Department of Mathematics;

Dyakov S. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Deputy Head of the Department Hydro-meteorological support;

Zakusilov V. P. – Associate Professor, Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department Hydrometeorological support.

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 14.12.2022; одобрена после рецензирования 12.01.2023; принята к публикации 03.02.2023.

The article was submitted 14.12.2022; approved after reviewing 12.01.2023; accepted for publication 03.02.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 112–117.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):112–117. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 614.771  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_112

### ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОЦЕССА ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГА РОССИИ

Синцов Александр Владимирович<sup>1</sup>✉, Бармин Александр Николаевич<sup>2</sup>, Валов Михаил Викторович<sup>3</sup>, Колчин Евгений Александрович<sup>4</sup>, Синцова Наталия Владимировна<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия  
<sup>1,5</sup>lmsav@yandex.ru✉  
<sup>2</sup>abarmin60@mail.ru  
<sup>3</sup>m.v.valov@mail.ru  
<sup>4</sup>eakol4in@rambler.ru

**Аннотация.** Почвенный покров на территории современных городов подвержен сильному техногенному воздействию и при превышении уровня допустимой нагрузки начинает развиваться процесс общей деградации, составной частью которого является процесс загрязнения. Загрязнение почвы остаётся актуальной проблемой для современных урбанизированных территорий Юга России, в том числе и для города Астрахани. Город Астрахань, является крупной урбанизированной системой, на территории которой почвенный покров подвержен значительному процессу загрязнения, связанного с поступлением большого объёма загрязняющих веществ разного происхождения от многочисленных источников. Наиболее острыми проблемами на территории г. Астрахани являются процессы загрязнения почвы веществами химического происхождения и отходами, формирование которых происходит в результате функциональной работы городской инфраструктуры. В статье даётся описание геоэкологической оценки воздействия процесса загрязнения на состояние и функционирование почвенного покрова г. Астрахани. В основе, проведённой геоэкологической оценки процесса загрязнения почвы города Астрахани лежат результаты ранее проведённых геохимических исследований содержания загрязняющих химических веществ в почвенном покрове данного города.

**Ключевые слова:** почвенный покров, тяжёлые металлы, почва, г. Астрахань, концентрация, загрязнение, аккумуляция, антропогенное воздействие, урбанизированные территории

**Для цитирования:** Синцов А. В., Бармин А. Н., Валов М. В., Колчин Е. А., Синцова Н. В. Особенности воздействия процесса загрязнения на почвенный покров урбанизированных территорий Юга России // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 112–117. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_112](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_112).

### FEATURES OF THE IMPACT OF THE POLLUTION PROCESS ON THE SOIL COVER OF THE URBANIZED TERRITORIES OF THE SOUTH OF RUSSIA

Sintsov Alexander Vladimirovich<sup>1</sup>✉, Barmin Alexander Nikolaevich<sup>2</sup>, Valov Mikhail Viktorovich<sup>3</sup>, Kolchin Evgeniy Alexandrovich<sup>4</sup>, Sintsova Natalia Vladimirovna<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
<sup>1,5</sup>lmsav@yandex.ru✉  
<sup>2</sup>abarmin60@mail.ru  
<sup>3</sup>m.v.valov@mail.ru  
<sup>4</sup>eakol4in@rambler.ru

**Annotation.** The soil cover on the territory of modern cities is subject to strong technogenic impact, and when the level of permissible load is exceeded, the process of general degradation begins to develop, an integral part of which is the process of pollution. Soil pollution remains an urgent problem for modern urbanized areas of the South of Russia, including the city of Astrakhan. The city of Astrakhan is a large urbanized system on the territory of which the soil cover is subject to a significant process of pollution associated with the supply of a large volume of pollutants of various origins from numerous sources. The most acute problems in the territory of Astrakhan are the processes of soil pollution with substances of chemical origin and waste, the formation of which occurs as a result of the functional work of the city infrastructure. The article describes the geoecological assessment

of the impact of the pollution process on the state and functioning of the soil cover in Astrakhan. The geoecological assessment of the process of soil pollution in the city of Astrakhan is based on the results of earlier geochemical studies of the content of polluting chemicals in the soil cover of this city.

**Keywords:** soil cover, heavy metals, soil, Astrakhan, concentration, pollution, accumulation, anthropogenic impact, urban areas

**For citation:** Sintsov A. V., Barmin A. N., Valov M. V., Kolchin E. A., Sintsova N. V. Features of the impact of the pollution process on the soil cover of the urbanized territories of the South of Russia. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):112–117. (In Russ.). [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_112](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_112).

Высокая антропогенно-техногенная нагрузка на почвенный покров крупных урбанизированных территорий способствует её деградации, что в свою очередь негативно отражается на состоянии всей урбоэкосистемы.

Одним из процессов, которые способствуют развитию деградации городского почвенного покрова, является процесс загрязнения почвы. Данный процесс оказывает негативное воздействие на основные функции почвы, участвующие в оптимальной работе всей урбоэкосистемы, а также может значительно изменять основные её природные свойства и качественные характеристики, что в экономическом плане снижает хозяйственную ценность как объекта в системе природопользования, относящегося к земельным ресурсам.

Загрязнение почвы, представляет собой процесс аккумуляции в почве, а также на её поверхности нехарактерного для неё материала разнообразного по своему происхождению (химических, радиоактивных, биологических веществ и патогенных микроорганизмов), или в объёмах несвойственных обычному состоянию в условиях той, или иной местности. Почвенный покров может выступать и как источник загрязнения окружающей среды, если концентрация загрязнителя превышает допустимые показатели.

Юг России, представляет собой территорию, где на относительно небольшой площади сосредоточено большое количество крупных городов выполняющие функции промышленно-производственных и административно-экономических центров с высокими показателями урбанизации, которая сопровождается негативным антропогенным воздействием на окружающую среду и загрязнением почвенного покрова.

Одной из таких высоко урбанизированных территорий Юга России, где интенсивно протекает процесс загрязнения почвенного покрова, является г. Астрахань.

Функционирование и дальнейший процесс развития городской инфраструктуры оказывает большое влияние на общее состояние почвенного покрова, что связано с постоянно увеличивающимся уровнем антропогенной нагрузки и ростом числа источников загрязнения почвы.

На территории г. Астрахани в ходе проведённой геоэкологической оценки состояния почвенного покрова было выявлено 115 крупных источников загрязнения почвы стационарного размещения. Основная часть этих источников загрязнения сгруппированы в трёх административных районах города из четырёх, а именно на территории Советского, Кировского, Ленинского районов и их общее число составляет 100 объектов. На территории Трусовского района расположено наименьшее количество источников загрязнения почвы.

По функциональному назначению и особенностям поступления загрязняющих веществ (специфики процесса загрязнения) основные источники загрязнения почвы г. Астрахани можно разделить на несколько групп, а именно: промышленно-производственный комплекс, транспорт и системы его функционирования, инженерно-строительная деятельность, системы жизнеобеспечения и поддержки функционирования городской инфраструктуры, зоны складирования городских отходов и несанкционированные свалки.

По особенностям пространственного расположения на территории города основные источники загрязнения почвы выделяются в несколько групп, а именно: 1) районного расположения; 2) линейного расположения; 3) локально-площадного расположения; 4) точечно-площадного расположения. Источники районного расположения, представлены объектами системы коммунального жизнеобеспечения и поддержки функционирования городской инфраструктуры, к которым относятся теплоэлектроцентрали, котельные, системы водоснабжения и водоотведения и другими. Источники загрязнения почвы линейного расположения, представлены объектами транспортной системы функционирования и связи (автомобильные и железнодорожные пути, аэродромы). К источникам локально-площадного расположения, можно отнести объекты промышленно-производственного комплекса города, аэропорт, речной порт, автотранспортные базы, железнодорожные вокзал и депо. Городские источники точечно-площадного расположения, представлены складами горюче-смазочных материалов, свалками промышленно-бытовых отходов, площадки ведения строительной деятельности (см. рис. 1), гаражные кооперативы и стояночные комплексы, станции заправки топливом [1, 5].

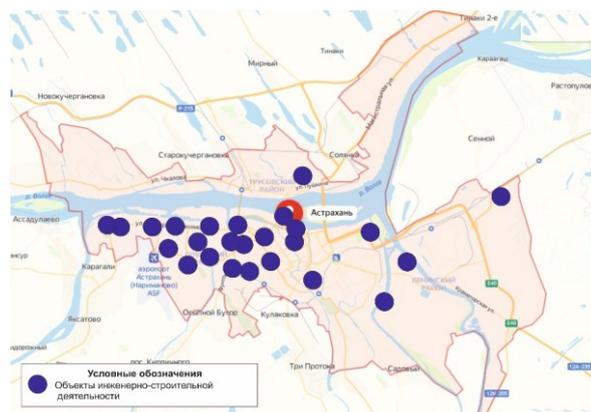


Рисунок 1 – Карта-схема месторасположения объектов ведения инженерно-строительной деятельности на территории г. Астрахани

В почву от выше перечисленных источников загрязнения поступает большой объём загрязняющего вещества и материалов, а именно: нефтепродукты, вещества и материалы разнообразного химического состава, кислотосодержащие продукты, соединения фтора, аммиак, сера и другие элементы, обладающие токсичными свойствами. Отмечается то, что наибольшее загрязнение почвы на территории города свойственно источникам линейного, локально площадного и точноно площадного расположения, и в основном тяготеет к промышленно-транспортной инфраструктуре.

В ходе проводимой геоэкологической оценки воздействия процесса загрязнения на почвенный покров города Астрахани были установлены наиболее острые проблемы связанные с загрязнением почвы химически активными веществами, относящиеся к группе тяжёлых металлов, а также с загрязнением почвы материалами (отходами) образующиеся в результате функционирования систем промышленно-производственного, инженерно-строительного, коммунально-бытового назначения.

Процесс загрязнения почвы веществами, относящиеся к группе тяжёлых металлов, которые обладают высокотоксичными свойствами, несёт большую угрозу для окружающей среды и населения города.

В ходе неоднократно проводимых геохимических исследований по изучению состояния почвенного покрова на территории г. Астрахани в разные периоды времени (1998 г., 2010 г., 2020 г.) был определён ряд основных химических элементов загрязнителей, к которым относятся Pb (свинец), Zn (цинк), Cr (хром). Проводимые геохимические исследования подразделялись на несколько этапов: 1) сбор почвенного материала; 2) лабораторный анализ валового содержания исследуемых элементов-загрязнителей в почвенных образцах. Почвенные образцы отбирались с глубины до 0,15 м в разных точках города. Второй этап исследований проводился в лабораторных условиях с применением методик атомно-абсорбционного анализа РД 52.18.191-89 и пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3:36-02. При анализе использовались гигиенические нормативы предельно-допустимой концентрации (ПДК) химических веществ в почве соответствующих гигиеническим нормативам ГН 2.1.7.2041-06.

В результате проведённой аналитической проверки полученных материалов были выявлены районы с максимальной концентрацией вещества в пробах почвы.

При геоэкологической оценке воздействия процесса загрязнения почвы г. Астрахани использовались сведения геохимического анализа, проведённого в 2020 г.

Относительно установленных гигиенических нормативов ПДК согласно именуемым сведениям наибольшая концентрация содержания свинца в почве отмечается в пробе, взятой на улице Рождественского и составило 206 мг/кг.

Наибольшее превышение показателей хрома и цинка в почве отмечается в образце, который был взят на улице Вильямса, что составило 29,8 мг/кг и 515 мг/кг соответственно (см. табл. № 1).

Наименьшие показатели содержания исследуемых элементов загрязнителей отмечается в образцах почвы, взятых на ул. Н. Островского и ул. Магистральная.

Таблица № 1 – Валовое содержание тяжёлых металлов в почве города Астрахани

№	Местоположения отбора пробы	Валовое содержание Cr, мг/кг	Валовое содержание Pb, мг/кг	Валовое содержание Zn, мг/кг
1	ул. Савушкина	24,4	116	153
2	ул. Яблочкова	23,1	155	500
3	ул. С. Перовская	22,2	55	177
4	ул. Н. Островского	20,5	27,2	71
5	ул. Боевая	21,8	53	134
6	ул. Боевая	24,5	100	290
7	ул. Магистральная	20,3	30,7	86
8	ул. Пушкина	25,1	57	146
9	ул. Кубанская	25,0	64	170
10	ул. Адмирала Нахимова	26,4	61	230
11	ул. Рождественского	27,1	206	235
12	ул. Чкалова	28,3	117	285
13	ул. Вильямса	29,8	117	515

Изучение сведений геохимического анализа позволило определить показатели превышения предельно допустимой концентрации веществ-загрязнителей.

В почвенных образцах, взятых на ул. Чкалова и ул. Вильямса, отмечается наибольшее пятикратное превышение предельно допустимой концентрации хрома. На ул. Рождественского и ул. Яблочкова были взяты почвенные образцы с превышением свинца в 6,4 и в 4,8 раза соответственно.

Пятикратное превышение предельно допустимой концентрации цинка отмечается в образцах почвы, взятых на улицах Вильямса (5,1) и Яблочкова (5).

В ходе проведённого геохимического анализа были установлены участки с наибольшим загрязнением почвы тяжёлыми металлами, расположенные на улицах: ул. Чкалова, ул. Вильямса, ул. Яблочкова, ул. Рождественского.

Процесс загрязнения городской почвы веществами, относящиеся к группе тяжёлых металлов и их соединениями, происходит в ходе производственно-технических процессов, эксплуатации содержащих эти химические элементы материалов, инженерно-строительной и агро-хозяйственной деятельности.

Различие показателей содержания тяжёлых металлов в почвенных пробах объясняется спецификой и разнообразием воздействия источников загрязнения вблизи контрольных точек на территории города Астрахани. Повышенная концентрация свинца, хрома и цинка в почвенных образцах можно связать с близким расположением промышленно-производственных, складских и инженерно-строительных объектов, а также интенсивным движением транспортных средств.

Процесс загрязнения почвы химически активными веществами, в том числе и тяжёлыми металлами может негативно отразиться на состоянии как отдельных компонентов окружающей природной среды, так и на состоянии всей экосистемы г. Астрахани.

Наряду с процессом химического загрязнения, своё значительное негативное воздействие на почвенный покров г. Астрахани оказывает процесс загрязнения коммунально-бытовыми, промышленно-производственными, строительными и агро-хозяйственными отходами.

Часто совместно с процессом загрязнения почвы мусором протекают процесс химического загрязнения и процесс захламления дневной поверхности. Отходы, аккумулирующиеся в большом объёме, могут значительно угнетать основные эко функции почвенного покрова и сильно снизить его хозяйственную ценность как земельного ресурса.

К основным источникам загрязнения почвы отходами на территории г. Астрахани относятся зоны промышленно-производственной и инженерно-строительной деятельности, площадки технического обеспечения транспортных средств и технических систем иного назначения, места скопления мусора коммунально-бытового происхождения. Также значительный вклад в процесс загрязнения почвы города отходами вносит функционирование большого числа малых производственных предприятий, разного направления деятельности, чей общий объём формируемых отходов может превысить объём отходов крупных объектов промышленно-производственной деятельности.

Значительное загрязнение почвенного покрова отмечается и при формировании большого количества несанкционированного скопления мусора коммунально-бытового происхождения. Так в течение 2020 года коммунальными службами, обеспечивающими контроль сбора и вывоза мусора на территории г. Астрахани, было ликвидировано около 2000 свалок отходов несанкционированного размещения.

В связи с тем, что антропогенному и техногенному воздействию подвержена почти вся территория г. Астрахани, частота развития процесса загрязнения почвенного покрова находится на высоком уровне и разработка комплекса мер по решению этой проблемы на данный момент остаётся актуальной.

#### Список источников

1. Белякова Т. М., Дианова Т. М., Орлова Н. Д. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почв Астрахани // География и природные ресурсы. 1998. № 2. С. 37–42.
2. Горбов С. Н., Безуглова О. С. Тяжёлые металлы и радионуклиды в почвах Ростовской агломерации Ростов-на-Дону; Таганрог, 2020. 124 с.
3. Клячкова И. В. Изучение процесса воздействия антропогенных факторов на почвенный покров городских территорий // В сборнике: Международное сотрудничество: опыт, проблемы и перспективы. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2020. С. 36–38.
4. Максимова О. Ю. Проблема распространения свалок как источника загрязнения почвенного покрова Астраханской области // В сборнике: Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты. сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2019. С. 51–54.
5. Синцов А. В., Бармин А. Н., Адымова Г. У. Почвенный покров урбанизированных территорий. Астрахань: Изд-во «АЦТ», 2010. 164 с.
6. Синцов А. В., Бармин А. Н., Валов М. В. Динамика тяжёлых металлов в почвах урбозоосистем // Геология, география и глобальная энергия. 2014. № 4 (55). С. 148–156.
7. Синцов А. В., Бармин А. Н. Загрязнение почвенного покрова г. Астрахани тяжёлыми металлами // Естественные и технические науки. 2011. № 5 (55). С. 218–223.
8. Сухоносенко Д. С. Анализ пространственной динамики загрязнения почв тяжёлыми металлами в пределах селитебной зоны города Михайловка // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2019. № 3. С. 88–94.
9. Трифонова Т. А., Забелина О. Н. Изменение биологической активности почвы городских рекреационных территорий в условиях загрязнения тяжёлыми металлами и нефтепродуктами // Почвоведение. 2017. № 4. С. 497–505.
10. Васильев А. Ю. Современное исследование почв города Астрахани, подверженных химическому влиянию // Настоящее и будущее современных научных направлений: сборник материалов Международной научно-практической конференции (13 июня 2022 г.). Кемерово: ЗапСибНЦ, 2022. С. 9–11.
11. Хаюрова О. А. Особенности процесса загрязнения отходами промышленно-бытового происхождения почвы Астраханской области // Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты: сборник материалов Международной научно-практической конференции (16 мая 2022 г.). Кемерово: ЗапСибНЦ, 2022. С. 15–18.
12. Черкашин Р. В. Химически трансформированные почвы г. Астрахани: современное развитие и территориальное распространение // В сборнике: Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы. Материалы международной научно-практической конференции / Сост.: Н. С. Шуваев, Е. А. Колчин. 2019. С. 108–110.
13. Черемичинова А. Э., Черкашин Р. В. Воздействие антропогенного процесса на почву урбанизированных территорий // В сборнике: Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. сборник материалов IX Международной научно-практической конференции. 2018. С. 52–55.
14. Чеснокова С. М., Савельев О. В., Губская С. В. Оценка фитотоксичности и ферментативной активности почв городских ландшафтов, загрязнённых тяжёлыми металлами (на примере города Судогда) // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 187–192.

#### References

1. Belyakova T. M., Dianova T. M., Orlova N. D. Ecological and geochemical assessment of technogenic pollution of soils in Astrakhan. *Geography and natural resources*. 1998;2:37–42. (In Russ.).
2. Gorbov S. N., Bezuglova O. S. Heavy metals and radionuclides in the soils of the Rostov agglomeration Rostov-on-Don; Taganrog. 2020:124. (In Russ.).
3. Klyachkova I. V. Study of the process of the impact of anthropogenic factors on the soil cover of urban areas. *In the collection: International cooperation: experience, problems and prospects*. Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference. 2020:36–38. (In Russ.).
4. Maksimova O. Y. The problem of the spread of landfills as a source of soil pollution in the Astrakhan region. *In the collection: Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects*. collection of materials of the International Scientific and Practical Conference. 2019:51–54. (In Russ.).
5. Sintsov A. V., Barmin A. N., Adyamova G. U. Soil cover of urbanized territories. Astrakhan: Publishing house «АСТ»; 2010:164. (In Russ.).

6. Sintsov A. V., Barmin A. N., Valov M. V. Dynamics of heavy metals in soils of urban ecosystems. *Geology, geography and global energy*. 2014;4(55):148–156. (In Russ.).
7. Sintsov A. V., Barmin A. N. Contamination of the soil cover of the city of Astrakhan with heavy metals. *Natural and technical sciences*. 2011;5(55):218–223. (In Russ.).
8. Sukhonosenko D. S. Analysis of the spatial dynamics of soil pollution by heavy metals within the residential zone of the city of Mikhailovka. *News of higher educational institutions. North Caucasian region. Series: Natural Sciences*. 2019;3:88–94. (In Russ.).
9. Trifonova T. A., Zabelina O. N. Changes in the biological activity of the soil of urban recreational areas under conditions of pollution with heavy metals and oil products. *Pochvovedenie*. 2017;4:497–505 (In Russ.).
10. Vasiliev A. Yu. Modern study of the soils of the city of Astrakhan, subject to chemical influence. *Present and future of modern scientific areas: collection of materials of the International Scientific and Practical Conference (June 13, 2022)*. Kemerovo: ZapSibNTs; 2022:9–11. (In Russ.).
11. Khayurova O. A. Features of the process of pollution of the soil of the Astrakhan region with industrial and domestic waste. *Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects: collection of materials of the International Scientific and Practical Conference (May 16, 2022)*. Kemerovo: ZapSibNTs; 2022:15–18. (In Russ.).
12. Cherkashin R. V. Chemically transformed soils of the city of Astrakhan: modern development and territorial distribution. In the collection: *Natural sciences: topical issues and social challenges. Materials of the international scientific and practical conference / comp. N. S. Shuvaev, E. A. Kolchin*. 2019:108–110. (In Russ.).
13. Cheremitsynova A. E., Cherkashin R. V. The impact of the anthropogenic process on the soil of urbanized territories. In the collection: *Scientific and technical progress: actual and promising directions of the future*. collection of materials of the IX International Scientific and Practical Conference. 2018:52–55. (In Russ.).
14. Chesnokova S. M., Savelyev O. V., Gubskaya S. V. Assessment of phytotoxicity and enzymatic activity of soils of urban landscapes contaminated with heavy metals (for example, the city of Sudogda). *Success of modern natural science*. 2016;2:187–192. (In Russ.).

Информация об авторах

Синцов А. В. – кандидат географических наук;  
Бармин А. Н. – доктор географических наук, профессор;  
Валов М. В. – кандидат географических наук, доцент;  
Колчин Е. А. – кандидат географических наук, доцент;  
Синцова Н. В. – студент.

Information about the authors

Sintsov A. V. – Candidate of Sciences (Geographical);  
Barmin A. N. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor;  
Valov M. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;  
Kolchin E. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate 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 18.11.2022; одобрена после рецензирования 15.12.2022; принята к публикации 11.01.2023.

The article was submitted 18.11.2022; approved after reviewing 15.12.2022; accepted for publication 11.01.2023.

*Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (83). С. 118–128.*  
*Geology, geography and global energy. 2023;1(88):118–128. (In Russ.).*

Научная статья  
УДК 910:911.2:502:504:911.53:528:(470.345)  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_118

### ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДООХРАНОЙ ЗОНЫ РЕКИ ИНСАР

Кустов Михаил Витальевич<sup>1</sup>, Тесленок Сергей Адамович<sup>2✉</sup>,  
Кудрявцев Михаил Анатольевич<sup>3</sup>, Муштайкин Антон Павлович<sup>4</sup>  
<sup>1, 2, 3, 4</sup>Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, Саранск, Россия  
<sup>1</sup>mvkustov@mail.ru  
<sup>2</sup>teslenok-sa@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-6691-3724>  
<sup>3</sup>kudryavtsev.mihael@yandex.ru  
<sup>4</sup>anton169@mail.ru

**Аннотация.** Под влиянием антропогенного воздействия в последнее время значительно ухудшилось состояние водных ресурсов многих регионов. К важнейшим правовым механизмам решения экологических проблем и защиты поверхностных водотоков, наряду с системой экологических ограничений, относят проектирование и выделение водоохраных зон (ВОЗ) и прибрежных защитных зон. В статье представлены результаты выявления негативных экологических процессов, характерных для бассейна реки Инсар и даётся качественная характеристика современного состояния водных ресурсов. ВОЗ реки Инсар была исследована с привлечением спутниковых снимков, опубликованных в сети Интернет. Подчёркнута проблема техногенного загрязнения поверхностных вод реки Инсар. Определены приоритеты по стабилизации экологического состояния рек Центральной Мордовии.

**Ключевые слова:** река Инсар; экологические проблемы; экологическая оценка; водоохранная зона; ПДК; мониторинг; техногенное воздействие; загрязнение; спутниковые снимки; ГИС-проект; Республика Мордовия

**Для цитирования:** Кустов М. В., Тесленок С. А., Кудрявцев М. А., Муштайкин А. П. Исследования водоохранной зоны реки Инсар // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 118–128. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_118](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_118).

### STUDIES OF THE WATER PROTECTION ZONE OF THE INSAR RIVER

Mikhail V. Kustov<sup>1</sup>, Sergei A. Teslenok<sup>2✉</sup>, Mikhail A. Kudryavtsev<sup>3</sup>, Anton P. Mushtaikin<sup>4</sup>  
<sup>1, 2, 3, 4</sup>Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia  
<sup>1</sup>mvkustov@mail.ru  
<sup>2</sup>teslenok-sa@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-6691-3724>  
<sup>3</sup>kudryavtsev.mihael@yandex.ru  
<sup>4</sup>anton169@mail.ru

**Abstract.** The state of water resources in many regions has recently deteriorated significantly as a result of anthropogenic pressure. The most important legal mechanisms for solving environmental problems and protection of surface watercourses, along with a system of environmental restrictions, include the design and allocation of water protection zones and coastal protection zones. In article results of revealing of the negative ecological processes typical for basin of the Insar river are presented and the qualitative characteristic of a modern condition of water resources is given. The water protection zone of the Insar river has been investigated with the use of satellite images published on the Internet. The problem of man-made pollution of surface waters of the Insar river is underlined. The priorities on stabilization of the ecological condition of the rivers of Central Mordovia are defined.

**Keywords:** Insar River; environmental problems; environmental assessment; water protection zone; MPC; monitoring; technogenic impact; pollution; satellite images; GIS-project; Republic of Mordovia

**For citation:** Kustov M. V., Teslenok S. A., Kudryavtsev M. A., Mushtaikin A. P. Studies of the water protection zone of the Insar river. *Geology, geography and global energy. 2023;1(88):118–128. (In Russ.).* [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_118](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_118).

**Введение.** В последнее время под влиянием антропогенного воздействия значительно ухудшилось состояние водных ресурсов многих регионов. Без использования системы экологических ограничений современные предприятия не могут в полной мере рационально использовать природные ресурсы. Важнейшим правовым механизмом решения значительного числа экологических проблем и защиты поверхностных водотоков от загрязнения является проектирование и выделение водоохранных зон (ВОЗ) и прибрежных защитных зон в соответствии с Водным кодексом Российской Федерации [3].

ВОЗ водотоков выполняют очень важную экологическую функцию, включая, прежде всего, защиту и сохранение естественного биоразнообразия, регулирование поверхностного стока и поддержание качества воды. Однако, несмотря на существующие экологические ограничения, экономическая активность в ВОЗ постепенно и неуклонно возрастает, что уже привело к ухудшению их экологического состояния их территорий и прилегающих акваторий. Поэтому крайне важно организовать и практически реализовать систему непрерывного мониторинга [18; 19; 30] (включая аэрокосмический [2]) состояния прибрежных территорий, а также качественных и количественных характеристик естественного состава воды, чтобы своевременно выявлять и устранять возникающие нарушения [1].

Целью исследования являлась оценка геоэкологического состояния водоохранной зоны реки Инсар. Для её достижения решался комплекс задач: выявления и раскрытия теоретических и методологических основ экологической оценки состояния ВОЗ поверхностных водотоков; составления краткой гидрологической и гидрохимической характеристики реки Инсар; оценки экологического состояния территории бассейна реки Инсар.

**Материалы и методы исследования.** Исследовательская база данных состоит из научных статей, литературных и картографических источников; статистических данных; нормативно-правовых актов; отчётов; фондовых материалов Мордовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Верхне-Волжское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», Отдела водных ресурсов Верхне-Волжского бассейнового водного управления по Пензенской области и Республике Мордовия, Министерства лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Республики Мордовия, Мордовского филиала ФБУ «Территориальный фонд геологической информации по Приволжскому федеральному округу»; интернет-ресурсов. Исследование основано на использовании литературных, статистических, сравнительных, ландшафтных, экологических, картографических, геоинформационных, аэрокосмических методов.

**Результаты и обсуждение.** ВОЗ и хозяйственно-правовой режим их использования определяет статья 65 Водного кодекса Российской Федерации [3]. Под ними понимаются территории, прилегающие к побережьям (границам, береговым линиям) водных объектов: океанов, морей, рек, ручьев, каналов, озёр и водохранилищ, со специальным режимом хозяйственной и иной деятельности, предотвращающим загрязнение, засорение, заиливание и истощения водных ресурсов этих объектов, а также обеспечивающим защиту биологических водных ресурсов и мест обитания других объектов животного и растительного мира. Согласно статье 65 (часть 4), ширина водоохранной зоны линейных элементов гидрографической сети (водотоков), в зависимости от их длины от истока до устья, устанавливается в следующих размерах: до 10 км – 50 м; от 10 до 50 км – 100 м; от 50 км и более – 200 м [3]. Размеры ВОЗ крупнейших рек Мордовии представлены на рисунке 1. В пределах ВОЗ создаются прибрежные защитные зоны, и на этих территориях вводится все большее число ограничений на экономическую и иную антропогенную деятельность.

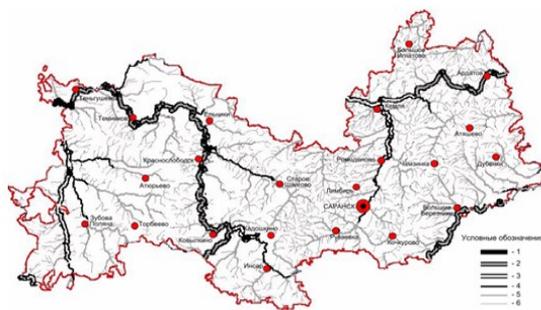


Рисунок 1 – Водоохранные зоны рек Республики Мордовия

В научных исследованиях выявлены три способа определения границ и размера ВОЗ: нормативный, вычислительный и основанный на ландшафте. Нормативный определяет размер границы зоны от уровня кромки воды без учёта геоморфологических условий. Метод расчёта используется для определения размера водоохранной зоны большой реки. При использовании ландшафтного метода (часто сопряжённого с использованием методов геоинформационного картографирования) ВОЗ рассматривается в качестве сложной динамической категории, находящейся под воздействием природных и антропогенных факторов.

Многими исследователями [8; 9; 11; 15; 22–24] он признан наилучшим. Однако самым популярным методом при проектировании ВОЗ до сих пор по-прежнему остаётся нормативный.

Инсар (правый приток реки Алатырь, бассейн реки Волга) – река в Центральной Мордовии, протекающая в пределах ландшафтов возвышенных эрозионно-денудационных равнин Приволжской возвышенности [27]. Её общая протяжённость (вся – в границах территории Республики Мордовия) составляет 168 км. Водосборный бассейн реки площадью 3 860 км<sup>2</sup> полностью расположен в пределах лесостепной ландшафтной зоне. Среднегодовой модуль стока составляет 3,7–4,0 л/с на 1 км<sup>2</sup>. Тип речного режима – восточно-европейский, с весенним половодьем. Поскольку река разливается весной, почти 70 % её годового стока приходится на апрель, в течение которого отмечается самый высокий уровень воды. Тип питания в бассейне реки Инсар смешанный, в основном с преобладанием снегового. Характерна позднелетняя и зимняя межень. Ледовые явления отмечаются в период с октября по май, ледостав на реке происходит с ноября по декабрь, а ледоход начинается в апреле.

Согласно положениям действующего водного законодательства, ширина водоохранной зоны в пределах территории городского округа Саранск составляет 200 м, прибрежной зоны – 20 м, а ширина прибрежной охраняемой зоны – 30 м (см. рис. 1).

Инсар считается самой загрязнённой рекой в Мордовии [26]. Состояние водосборных площадей любого речного бассейна оказывает непосредственное влияние на качество воды в реке [18, 19]: строительство многочисленных промышленных, транспортных и сельскохозяйственных объектов и сопутствующей инфраструктуры, а также жилья привело к ухудшению экологического состояния водоохранной зоны реки Инсар.

Исследование качества воды в реке Инсар, выполненное на основе анализа опубликованных и фондовых материалов, показывает, что для повторяемости повышенных концентраций меди, нефтепродуктов, общего железа, аммонийного и нитритного азота, средний диапазон составляет от 50 до 100 %, а трудно окисляемые и легко окисляемые органические вещества являются одним из приоритетных загрязнителей [10; 26].

В таблице 1 приведены данные о качестве воды реки Инсар за период с 2015 по 2020 годы, представленные в комплексных отчётах и ежегодных Государственных докладах о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения и о состоянии и об охране окружающей среды в Республике Мордовия [4; 5]. Было установлено, что эколого-гидрохимическое состояние реки Инсар не стабильно. Наиболее информативный показатель комплексной оценки качества водной среды – удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды в период 2015–2020 годов находился в пределах 3 и 4 классов опасности, что соответствует загрязнённой, очень загрязнённой и грязной воде. Самые высокие значения индекса по всем створам (за исключением Саранск-2) наблюдались в 2016–2017 годах.

Таблица 1 – Динамика качества поверхностных вод реки Инсар на основании удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды (заливкой выделены максимальные значения)

Створы	Годы					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Рузаевка-1	2,59	3,59	3,00	3,11	2,89	2,89
Рузаевка-2	3,65	4,09	3,23	3,64	4,03	3,23
Саранск-1	3,59	4,00	3,26	3,44	3,28	3,25
Саранск-2	4,14	4,17	4,16	4,15	4,22	4,21
Языковка	4,62	4,60	4,77	4,76	4,37	4,39

Для получения объективной и оперативной информации о сохранности и режимом ВОЗ были использованы данные дистанционного зондирования и соответствующие пространственные геоизображения [2; 21; 25]. При анализе спутниковых снимков использовались методические приёмы определения негативных проявлений экологических процессов охраняемой территории реки Инсар с помощью прямых и косвенных дешифровочных признаков.

Загрязнение водотоков бассейна реки Инсар хорошо дешифруется на спутниковых снимках визуально по изменяющемуся тону фотоизображения. Загрязнённую взвешенными веществами

мутную воду в реке можно определить по её более светлому цвету. Подобная ситуация зафиксирована в устьях притоков Инсар – рек Тавлы, Пензятки, Аморды.

В местах сброса в реку сточных, нормативно чистых и загрязнённых вод происходит формирование техногенных илов. Результаты исследований, выполненных учёными Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов Российской академии наук показали, что мощность таких илов в районе ниже устья Никитинского оврага в черте г. Саранска достигает 1,2 м [28].

Проявления береговой эрозии были выявлены на крутых, обрывистых, лишённых растительности берегах русла реки Инсар. Обычно такие процессы часто происходят в местах, где река интенсивно меандрирует [13; 14]. Проявление и активизация процессов береговой эрозии чаще всего наблюдаются в весенний период, как правило, во время весеннего половодья, совпадающего с интенсивным снеготаянием, когда наблюдается увеличение расходов и скорости течения воды в реках бассейна Инсара. Контрастно различающиеся по глубине (мелководные и глубоководные) участки русла в долине реки Инсар дешифрируются на спутниковых снимках по тону фотоизображения, который по мере увеличения глубины становится темнее [25].

Во второй половине лета или в начале осени, при увеличении температуры воды, совпадающем со снижением её уровня и уменьшением глубины обычно начинает проявляться эвтрофикация (эвтрофикация, эвтрофицирование). Она известна как процесс насыщения поверхностных вод биогенными элементами с последующим повышением их биологической продуктивности. На особенности формирования и развития процесса эвтрофикации влияют факторы как природного так и антропогенного характера. Основными химическими элементами, вызывающими эвтрофикацию, являются азот и фосфор. Наиболее активно процесс эвтрофикации проявляется на мелководных участках с низкими уровнями и малыми расходами воды. На спутниковых снимках процесс «цветения воды» хорошо визуализируется при изменении цвета и тона изображения (рис. 2) [25]. Почти все озера-старицы, большую часть года изолированные от реки Инсар, расположенные в пределах её ВОЗ, в той или иной степени подвержены этому негативному явлению.

Эвтрофикация часто приводит к практически полному отсутствию кислорода в воде, что наносит серьёзный ущерб водным экосистемам и их биоте, особенно рыбам (приводя к их массовым заморам) и другим водным организмам.



Рисунок 2 – Развитие процесса эвтрофикации (правая протока)

Кроме того, наблюдаются зарастание водоёмов высшей водной растительностью и их заболачивание. Из-за специфических особенностей болотной растительности развитие и распространение процесса заболачивания может быть визуально дешифрировано и идентифицировано на спутниковых снимках по цвету фотоизображения и форме соответствующих объектов. Заболачивание наиболее отчётливо выявлено и зафиксировано на данных дистанционного зондирования на территории Инсарского района республики [21].

Территории зон затопления и подтопления в периоды половодий и паводков, а также их границы визуально различаются и выявляются на космифотоснимках по границе заднего шва, которая фактически совпадает с площадью разлива реки. Речная пойма достаточно легко выделяется, в первую очередь, по её плоскому выровненному рельефу и распространению в её пределах уникальной влаголюбивой растительности [2; 7] (рис. 3).

Территория распространения бывших луговых степей бассейна реки Инсар в настоящее время в значительной степени распахана (рис. 4). На космических снимках пашня отчётливо

дешифруется визуально – по конфигурации выделов сельскохозяйственных земель, в максимальной степени приближенной к правильной геометрической форме, с четко выраженными границами, цвету фотоизображения, отсутствию в пределах выделов древесной и кустарниковой растительности, но её наличию по их границам – в виде полезащитных лесных полос.

Так же на космофотоснимках отчетливо выявляются участки нарушающей требования действующих нормативно-правовых актов распашки земель ВОЗ и факты незаконного сооружения в их пределах объектов капитального строительства (рис. 5).



Рисунок 3 – Зона затопления территории р. п. Ромоданово водами реки Инсар в период весеннего половодья



Рисунок 4 – Сельскохозяйственные земли на месте луговых степей в центральной части бассейна р. Инсар

Распашка территорий ВОЗ непосредственно под самый урез воды в реке приводит к тому, что в их пределах и в прибрежных защитных зонах начинают применяться минеральные удобрения и пестициды, служащие серьезными дополнительными источниками химического загрязнения водных объектов.



Рисунок 5 – Распашка водоохранной зоны правобережья реки Инсар (цифрами указаны расстояния от кромки пашни до уреза воды)

На распаханых участках часто выявляется появление и развитие процессов береговой эрозии (рис. 6) и водной эрозии почв. Во время весенних половодий и паводков плодородные почвы поймы размываются и при этом выносятся их питательные вещества, приводя к потере их биологической продуктивности.



Рисунок 6 – Развитие береговой эрозии р. Инсар

Места стихийных свалок, расположения калд (летних лагерей) для размещения и содержания крупного рогатого скота и другие источники хозяйственного антропогенного загрязнения дешифрируются на материалах дистанционного зондирования по форме, размеру и структуре фотоизображений. На космодатаснимках зимнего периода существует возможность дополнительно фиксировать места складирования загрязнённого снега, вывозимого автомобильным транспортом с территории г. Саранска и районных центров в условиях отсутствия снегоплавильных машин.

Как показывает накопленный опыт, комплекс работ по исследованию ВОЗ предпочтительнее проводить на основе разработанного и созданного ГИС-проекта [16]. В качестве исходной информации в проекте использовались электронные картографические слои, созданные в лаборатории ГИС-технологий Института геоинформационных технологий и географии Мордовского государственного университета. Информация представлена четырьмя разделами: природная среда, ландшафтно-архитектурная среда, состояние окружающей среды, нормативно-справочный блок [12; 13].

С помощью ГИС-проекта [16] осуществлён расчёт водосборных площадей, выявлены особенности распределения площадей по функциональным зонам в границах отдельных водотоков, определены и рассмотрены зоны подтопления. Созданный ГИС-проект предполагает дальнейшее накопление картографической и фактографической информации и проведение различных видов анализа на её основе.

**Выводы.** Последние 50–60 лет экосистема реки Инсар и её бассейна испытывает значительное воздействие хозяйственной деятельности. Оно выражается в преобразовании элементов и объёмов поверхностного стока; изменении конфигурации и структуры гидрографической сети; зарегулировании поверхностного стока в результате создания прудов и водохранилищ; изъятии значительных объёмов воды из поверхностных и подземных водных объектов на технологические нужды и орошение; сбросе сточных вод и загрязнении водных объектов; техногенном заилении и эвтрофикации водоёмов; подтоплении и заболачивании территории прилегающих территорий.

Эти факторы ведут к негативному воздействию, прежде всего на живые организмы. Так, загрязнение воды в реке Инсар способствует сокращению видового разнообразия биоты и общей биомассы, ухудшению генофонда гидробионтов. В результате, в связи со значительным химическим и микробиологическим загрязнением, поверхностные водные объекты (в первую очередь в черте г. Саранска) не пригодны для питьевых, рыбохозяйственных и рекреационных целей.

Анализ результатов исследования показал, что в основу улучшения геохимического и гидрологического состояния водных объектов должно быть положено создание ВОЗ и прибрежных защитных зон. ВОЗ – это сложные объекты, функционирование которых напрямую зависит от множества влияющих на них факторов. В связи с этим, организация и функционирование информационной системы геоэкологического мониторинга земель в их границах с функциями картографического моделирования [6; 17; 20, 22] с использованием данных спутниковых изображений [2; 21] являются наиболее перспективным и эффективным средством мониторинга ВОЗ [18; 19] и управления водными ресурсами [29].

Для проектирования, организации и создания ВОЗ рекомендуется в максимальной степени использовать ландшафтный метод, поскольку он основан на учёте главных характеристик ландшафтной структуры, учитывающих не только протяжённость водотока, но и особенности отдельных компонентов геосистем в пределах ВОЗ: условия геологического строения и рельефа, специфику почвенно-растительного покрова и природных, природно-антропогенных и антропогенных геокомплексов в целом. Кроме того, необходимо самое широкое привлечение и использование

средств и возможностей ГИС, геоинформационных и смежных технологий [2; 16; 18; 19, 22]. Прежде всего, это касается разработки системы природоохранных мероприятий [29; 30] и функционального зонирования территорий и акваторий. Размеры ВОЗ линейного водного объекта и особенности прохождения их границ при необходимости могут уточняться по факту в соответствии с результатами дополнительных исследований и в зависимости от местных ландшафтно-экологических условий, природно-экологического и экономического значения водотока и особенностей его хозяйственного использования, специфики геологического строения и рельефа, гидрогеологических, гидрологических, почвенных, растительных, санитарно-технических и других условий прилегающей территории. Лесные и кустарниковые массивы, расположенные по берегам линейного водного объекта, должны включаться в состав его ВОЗ в соответствии с действующим порядком отнесения лесов к той или иной категории защитности.

В качестве границ ВОЗ в максимальной степени должны быть использованы естественные и искусственные рубежи или препятствия, исключающие возможность поступления с поверхностным стоком техногенных веществ-загрязнителей с прилегающих территорий и водосборных площадей более высоких топографических уровней. В качестве таковых могут выступать бровки речных долин и овражно-балочной сети, опушки лесных массивов, дамбы, элементы дорожно-транспортной сети и т.п.). При этом важная роль геоинформационных систем и технологий заключается в определении названных рубежей и препятствий, а также лесных массивов, включаемых в состав ВОЗ; в формировании их границ с использованием соответствующего инструментария ГИС; в выявлении несоответствий проектных и реальных границ на местности; обнаружении, инвентаризации и мониторинге учёта потенциальных источников загрязнения и ведения геоэкологического мониторинга [2; 18; 19].

ВОЗ реки Инсар представляет собой зелёную зону специального назначения, основная экологическая роль которой заключается в регулировании поверхностного стока на прилегающей водосборной территории. Эта задача может быть выполнена только при сохранении определённой, частично скорректированной структуры зоны на основе использования комплексного геоинформационного анализа, картографирования и моделирования [16; 20] её территории. На территории ВОЗ, особенно в пределах её прибрежной защитной зоны, среди реализуемых в первую очередь мероприятий должно преобладать озеленение, повышающее экологическую устойчивость геосистем её территории [14] и установление специальных идентификационных знаков. Необходимо в полной мере согласиться с ранее определёнными особенностями специального режима хозяйственной и иной деятельности в пределах ВОЗ [18; 19]. Они должны включать (наряду с другими составными частями комплекса природоохранных мер) систему мероприятий по оптимизации гидрологического, гидрохимического, гидробиологического, санитарного и экологического состояния водотоков и благоустройство их прибрежных защитных зон. В первую очередь это касается территорий населённых пунктов [11–13] в пределах ВОЗ, где должен строго соблюдаться режим пользования, исключающий их засорение и загрязнение [18; 19].

#### Список источников

1. Аканова Е. Б. Необходимость установления водоохранных зон и полос // Молодой учёный. 2020. № 17 (307). С. 420–422.
2. Арацкова А. Д., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Аэрокосмический мониторинг территориальных систем Акмолинского Приишмья // Исследование территориальных систем: теоретические, методические и прикладные аспекты: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Киров 4–6 окт. 2012 г.). Киров: Изд-во «Лобань», 2012. С. 510–518.
3. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022) // КонсультантПлюс: справочная правовая система. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/).
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Мордовия в 2021 году». URL: <https://13.rosпотребнадзор.ru/word/24067?ysclid=lcrgr7yg5y139163081>.
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Мордовия в 2019 году // Официальный портал органов государственной власти Республики Мордовия. URL: <https://www.e-mordovia.ru/upload/iblock/de6/gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchey-sredy-v-respublike-mordoviya-v-2019-godu.docx>.
6. Дмитриев П. С., Вендт Я. А., Тесленок С. А., Носонов А. М., Фомин И. А., Муштайкин А. П., Ильяев С. К. Использование геоинформационных технологий в изучении картометрических и морфометрических характеристик озёр Северного Казахстана // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. 2022. Т. 28. Ч. 2. С. 719–736.

7. Егоров А. Г., Скалон Н. В. Оптимизация размеров водоохранных зон как один из механизмов сохранения регионального биоразнообразия // *Успехи современного естествознания*. 2006. № 7. С. 17–19. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=10733>.
8. Жерелина И. В., Аношина О. Д. Методические подходы и проблемы установления границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов // *Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии*. Тр. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием (в 4-х томах). 2017. Т. IV. С. 177–189.
9. Жерелина И. В., Стоящева Н. В., Поляков А. А., Кормаков В. И. Проектирование водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов // *Использование и охрана природных ресурсов России*. 2006. № 3 (87). С. 52–59.
10. Жукова Н. В., Берест Е. В., Начаркина О. В. Оценка экологического состояния поверхностных вод городского округа Саранск // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 10. С. 7–11. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36873>.
11. Кормаков В. И., Жерелина И. В., Стоящева Н. В., Поляков А. А. Методические подходы к проектированию водоохранных зон и прибрежных защитных полос на урбанизированных территориях (на примере г. Барнаула) // *Использование природных ресурсов в России*. 2004. № 2. С. 55–60.
12. Кустов М. В. Комплексная эколого-географическая характеристика урбанизированных территорий с использованием геоинформационных технологий (на примере г. Саранска): диссертация ... канд. геогр. наук : 25.00.36. Москва, 2001. 218 с.
13. Кустов М. В., Кирюшин А. В. Особенности применения геоинформационных технологий в исследовании экологических аспектов сельской местности // *Социально-экономические и экологические проблемы развития сельской местности: Материалы междунар. науч. конф. (Саранск, 02–05 окт. 2000 г.)*. Саранск, 2000. С. 42–44.
14. Масляев В. Н., Маскайкин В. Н. Интенсивность современных экзогенных геоморфологических процессов как показатель экологической устойчивости литогенной основы ландшафтов Мордовии // *Вест. Мордов. ун-та*. 2000. № 1–2. С. 103–106.
15. Потапова Е. В., Пшеничникова М. Е., Соколова О. Е., Исследование состояния водоохранных зон рек г. Иркутска // *Известия Иркутск. государств. ун-та. Серия: Науки о Земле*. 2016. Т. 15. С. 89–103.
16. Тесленок К. С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем // *Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всерос. научно-практич. конф. (10–12 дек. 2015 г.)*. Воронеж: Научная книга, 2015. С. 134–138.
17. Тесленок К. С., Тесленок С. А., Чирков Н. Н., Янгляев В. Р., Блохин А. В. Методика автоматизированного построения карт зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // *Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы IV (заоч.) Всерос. научно-практич. конф. (Воронеж, 15 нояб. 2012 г.)*. Воронеж: Научная книга, 2012. С. 124–130.
18. Тесленок С. А., Тесленок К. С. Мониторинг компонентов природной среды акватории водохранилищ на основе ГИС // *Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища : материалы междунар. науч.-практич. конф. г. Воронеж, 21 нояб. 2012 г.* Воронеж: Наука-Юнипресс, 2012. С. 185–194.
19. Тесленок С. А., Тесленок К. С. Экологические проблемы водохранилищ реки Ишим и пути их оптимизации и реабилитации // *Приоритетные направления экологической реабилитации Воронежского водохранилища: материалы междунар. науч.-практич. конф. г. Воронеж, 21 нояб. 2012 г.* Воронеж: Наука-Юнипресс, 2012. С. 363–372.
20. Тикунов В. С. Моделирование в картографии. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 405 с.
21. Ткачёва А. Ю., Алферина А. В., Тесленок С. А. Анализ топографических карт и космоснимков навигационной программы SAS. Планета с целью выявления изменений гидрографической сети на территории города Инсар // *Вестник Северо-Восточного федеральн. ун-та им. М. К. Аммосова. Серия: Науки о Земле*. 2019. № 2 (14). С. 85–95. URL: <http://vnzsvfu.ru/wp-content/uploads/2019/07/A.Yu.-Tkaicheva-A.V.-Alferina-S.A.-Tselenok.-Analiz-topograficheskikh-kart....pdf>.
22. Хромых В. В., Хромых О. В., Ерофеев А. А. Ландшафтный подход к выделению водоохранной зоны реки Ушайки на основе геоинформационного картографирования // *Вестн. Томск. госуд. ун-та*. 2013. № 370. С. 175–178.
23. Чилингер Л. Н. Методический подход к установлению границ зон с особым водным режимом: обоснование и технологическая схема реализации // *Вестник СГУГиТ*. 2019. Т. 24. № 3. С. 222–237.
24. Чилингер Л. Н. Необходимость установления зон с особым водным режимом на территории Обь-Томского междуречья // *Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Наука и образование: сб. материалов Всерос. науч.-практич. конф. Санкт-Петербург, 2019*. С. 472–478.

25. Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учеб. пособие. Пермь, 2020. 191 с.
26. Ямашкин А. А., Сафонов В. Н., Масляев В. Н. Экологические проблемы использования водных ресурсов в Мордовии // Вестник Мордовск. ун-та. 1990. № 2. С. 31–34.
27. Ямашкин А. А., Новикова Л. А., Ямашкин С. А., Яковлев Е. Ю., Уханова О. М. Пространственная модель ландшафтов западных склонов Приволжской возвышенности // Вестник Удмуртского университета. 2015. Т. 25, Вып. 3. С. 124–132.
28. Янин Е. П. Техногенные речные илы в зоне влияния промышленного города (формирование, состав, геохимические особенности). Москва: ИМГРЭ, 2002. 100 с.
29. Lillebo A. I., Teixeira H., Morgado M., Strosser P., Nogueira A. J. A. Ecosystem-based management planning across aquatic realms at the Ria de Aveiro Natura 2000 territory // Science of the Total Environment. 2019. Vol. 650. P. 1898–1912.
30. Tamas M., Man T. E., Pelea G. N., Cococceanu A., Costescu I. A. Study on Water Source Protection – Case Study of Lake Buhui – Anina City, Caras – Severin County, Romania // Procedia Engineering. 2016. Vol. 161. P. 2203–2208.

### References

1. Akanova E. B. The need to establish water protection zones and belts. Young scientist. 2020; 17(307):420–422. (In Russ.).
2. Aratskova A. D., Teslenok K. S., Teslenok S. A. Aerospace monitoring of territorial systems of the Akmola Priishimye. Research on territorial systems: theoretical, methodological and applied aspects. Kirov: Loban; 2012:510–518. (In Russ.).
3. Water Code of the Russian Federation dated June 3, 2006 No. 74-FZ (as amended on May 1, 2022). ConsultantPlus: reference legal system. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/) (In Russ.).
4. State report «On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Republic of Mordovia in 2021». URL: <https://13.rospotrebнадзор.ru/word/24067?ysclid=lcrgr7yg5y139163081>. (In Russ.).
5. State report on the condition and protection of the environment of the Republic of Mordovia in 2019. Official portal of state authorities of the Republic of Mordovia. URL: <https://www.e-mordovia.ru/upload/iblock/de6/gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchey-sredy-v-respublike-mordoviya-v-2019-godu.docx>. (In Russ.).
6. Dmitriev P. S., Wendt Ya. A., Teslenok S. A., Nosonov A. M., Fomin I. A., Mushtaikin A. P., Ilkaev S. K. The use of geoinformation technologies in the study of cartometric and morphometric characteristics of lakes in Northern Kazakhstan. InterCarto. InterGIS. 2022;28(2):719–736. (In Russ.).
7. Egorov A. G., Skalon N. V. Optimization of the sizes of water protection zones as one of the mechanisms for preserving regional biodiversity. Advances in Modern Natural Science. 2006;7:17–19. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=10733>. (In Russ.).
8. Zherelina I. V., Anoshina O. D. Methodological approaches and problems of establishing boundaries of water protection zones and coastal protective strips of water bodies. Water and Environmental Problems of Siberia and Central Asia. 2017;4:177–189. (In Russ.).
9. Zherelina I. V., Stoyashcheva N. V., Polyakov A. A., Kormakov V. I. Designing water protection zones and coastal protective strips of water bodies. Use and protection of natural resources of Russia. 2006;3(87):52–59. (In Russ.).
10. Zhukova N. V., Berest E. V., Nacharkina O. V. Evaluation of the ecological state of surface waters of the Saransk urban district. Advances of Modern Natural Science. 2018;10:7–11. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36873>. (In Russ.).
11. Kormakov V. I., Zherelina I. V., Stoyashcheva N. V., Polyakov A. A. Methodological approaches to the design of water protection zones and coastal protective strips in urban areas (on the example of Barnaul). Use of natural resources in Russia. 2004;2:55–60. (In Russ.).
12. Kustov M. V. Comprehensive ecological and geographical characterisation of urbanised territories using geoinformation technologies (the example of Saransk). Dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences. Moscow; 2001:218. (In Russ.).
13. Kustov M. V., Kiryushin A. V. Peculiarities of geoinformation technology application in the study of environmental aspects of rural areas. Socio-economic and environmental problems of rural development. 2000: 42–44. (In Russ.).
14. Maslyaev V. N., Maskaikin V. N. Intensity of modern exogenous geomorphological processes as an indicator of ecological stability of lithogenic basis of landscapes of Mordovia. Bulletin of Mordovia state university. 2000;1–2:103–106. (In Russ.).
15. Potapova E. V. Study of the condition of water protection zones of rivers in Irkutsk. Izvestiya of Irkutsk state university. Series: Earth Sciences. 2016;15:89–103. (In Russ.).

16. Teslenok K. S. Creation of a geoinformation project and its use for the development of economic systems. Geoinformation mapping in the regions of Russia. Voronezh: Science book. 2015: 134–138. (In Russ.).
17. Teslenok K. S., Teslenok S. A., Chirkov N. N., Yanglyayev V. R., Blokhin A. V. Methodology of automated mapping of sanitary protection zones of water supply sources and drinking water pipelines. Geoinformation mapping in the regions of Russia. Voronezh: Science book. 2012:124–130. (In Russ.).
18. Teslenok S. A., Teslenok K. S. GIS-based monitoring of natural environment components in reservoir water areas. Priority directions of ecological rehabilitation of Voronezh Reservoir. Voronezh: Science-Unipress. 2012:185–194. (In Russ.).
19. Teslenok S. A., Teslenok K. S. Environmental problems of the Ishim reservoirs and ways to optimise and rehabilitate them. Priority directions of ecological rehabilitation of Voronezh Reservoir. Voronezh: Science-Unipress. 2012:363–372. (In Russ.).
20. Tikunov V. S. Modeling in cartography. Moscow: Moscow State University. 1997:405. (In Russ.).
21. Tkacheva A. Yu., Alferina A. V., Teslenok S. A. Analysis of topographic maps and satellite images of the SAS.Planet navigation program in order to identify changes in the hydrographic network on the territory of the city of Insar. Bulletin of Ammosov Federal North-East university. 2019;2(14):85–95. (In Russ.).
22. Khromykh V. V., Khromykh O. V., Erofeev A. A. Landscape approach to identifying the water protection zone of the Ushaika River based on geoinformation mapping. Bulletin of Tomsk State University. 2013;370:175–178. (In Russ.).
23. Chilinger L.N. Methodological approach to delimitation of zones with special water regimes: rationale and technological implementation scheme. Bulletin of Siberian State University of Geosystems and Technologies. 2019;24(3):222–237. (In Russ.).
24. Chilinger L. N. The necessity of establishing zones with a special water regime on the territory of the Ob-Tomsk interfluvium. Geodesy, Cartography, Geoinformatics and Cadastres. Saint-Petersburg: Science and education. 2019:472–478. (In Russ.).
25. Shikhov A. N., Gerasimov A. P., Ponomarchuk A. I., Perminova E. S. Thematic interpretation and interpretation of space images of medium and high spatial resolution. Perm; 2020:191. (In Russ.).
26. Yamashkin A. A., Safonov V. N., Maslyayev V. N. Ecological problems of water resources use in Mordovia. Bulletin of Mordovia State University. 1990;2:31–34. (In Russ.).
27. Yamashkin A. A., Novikova L. A., Yamashkin S. A., Yakovlev E. Yu., Ukhanova O. M. Spatial landscape model of the western slopes of the Privolzhskaya Upland. Bulletin of Udmurtian State University. 2015;25(3):124–132. (In Russ.).
28. Yanin E. P. Technogenic river sludge in the influence zone of an industrial town (formation, composition, geochemical features). Moscow: Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements. 2002:100. (In Russ.).
29. Lillebo A. I., Teixeira H., Morgado M., Strosser P., Nogueira A. J. A. Ecosystem-based management planning across aquatic realms at the Ria de Aveiro Natura 2000 territory. *Science of the Total Environment*. 2019;650:1898–1912.
30. Tamas M., Man T. E., Pelea G. N., Cococanu A., Costescu I. A. Study on Water Source Protection – Case Study of Lake Buhui – Anina City, Caras – Severin County, Romania. *Procedia Engineering*. 2016;161:2203–2208.

#### Информация об авторах

Кустов М. В. – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры землеустройства и ландшафтного планирования;  
Тесленок С. А. – кандидат географических наук, доцент кафедры геодезии, картографии и геоинформатики;  
Кудрявцев М. А. – магистрант;  
Муштайкин А. П. – аспирант.

#### Information about the authors

Kustov M. V. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor, Associate Professor of the Department of land management and landscape planning;  
Teslenok S. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of geodesy, cartography and geoinformatics;  
Kudryavcev M. A. – master's student;  
Mushtaikin A. P. – 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 18.12.2022; одобрена после рецензирования 11.01.2023; принята к публикации 30.01.2023.

The article was submitted 18.12.2022; approved after reviewing 11.01.2023; accepted for publication 30.01.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (83). С. 129–134.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):129–134. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 628.1.033-048.78(571.14)  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_129

## ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ СЛОЖИВШЕЙСЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Петров Юрий Владимирович<sup>1</sup>, Шкитин Александр Владимирович<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup>Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

<sup>1</sup>y.v.petrov@utmn.ru

<sup>2</sup>stud0000225316@study.utmn.ru✉

**Аннотация.** Сбалансированное социально-экономическое сочетание природы, населения и хозяйства является приоритетной целью развития территории, особенно той, на которую на протяжении длительного времени оказывалось сильное антропогенное воздействие. В Карагандинской области Казахстана в условиях исторически длительного загрязнения окружающей среды, рекордного роста цен на основную продукцию производства – уголь и сложной социальной обстановки востребован поиск приоритетных консенсуальных задач развития. Авторами, на примере перспективного бурогоугольного объекта произведена модельная оценка эффективности от внедрения современных экологических технологий.

**Ключевые слова:** бурый уголь, разрез «Кузнецкий», состояние атмосферного воздуха, Карагандинская область, наилучшие доступные технологии

**Для цитирования:** Петров Ю. В., Шкитин А. В. Оценка применения наилучших доступных экологических технологий в условиях сложившейся окружающей природной среды в Карагандинской области Республики Казахстан // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 129–134. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_129](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_129).

## ASSESSMENT OF THE USE OF THE BEST AVAILABLE ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF THE CURRENT NATURAL ENVIRONMENT IN THE KARAGANDA REGION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Yuriy V. Petrov<sup>1</sup>, Alexandr V. Shkitin<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup>University of Tyumen, Tyumen, Russia

<sup>1</sup>y.v.petrov@utmn.ru

<sup>2</sup>stud0000225316@study.utmn.ru✉

**Abstract.** A balanced socio-economic combination of nature, population and economy is a priority task for the development of a territory, especially one that has had a strong anthropogenic impact for a long time. In the Karaganda region in Kazakhstan, in conditions of intensive consumption of the environment, a record increase in consumption for production – coal and the social need to search for priority consensual development problems. The authors, at a promising lignite object, produced model efficiency from the introduction of modern environmental technologies.

**Keywords:** brown coal, Kuznetsky mine, atmospheric air condition, Karaganda region, best available technologies

**For citation:** Petrov Yu. V., Shkitin A. V. Assessment of the use of the best available environmental technologies in the conditions of the current natural environment in the Karaganda region of the Republic of Kazakhstan. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):129–134. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_129](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_129).

### Введение

Карагандинская область – крупнейший промышленный регион Республики Казахстан. В 1833–34 гг. в области были открыты месторождения каменного угля, меди, серебра и свинца. С 1886 г. началась добыча каменного угля на месторождении в урочище Карандабасы. С тех пор промышленный потенциал области интенсивно растёт, оказывая техногенное влияние на объекты окружающей среды [1].

Угольное направление не только остаётся приоритетным в региональном развитии, но, и, в связи с установлением рекордных мировых показателей цен на уголь [2], усилило свой экспортный и инвестиционный потенциал. На фоне прошедших волнений в стране в начале 2022 г. [3], отразившей наличие существенных для общества социальных проблем, развитие высокотехнологичного угольного вектора, обеспечивающего быстро и масштабно формирование высокооплачиваемых рабочих мест, становится стратегической территориальной задачей. В условиях последующих проявлений мировой рецессии [4; 5] и роста рисков геополитической неопределённости [6; 7] такое формулирование задач является оправданным.

С другой стороны, многолетнее антропогенное масштабное воздействие на окружающую природную среду тяжёлой промышленности не прошло бесследно [8; 9]. Ухудшение состояния здоровья у местного населения, снижение привлекательности проживания в местах с высокой степенью антропогенного преобразования и нарушенного ассимиляционного потенциала окружающей среды [10; 11]. Следует упомянуть и продвижение декарбонизации [12; 13], которая всё больше будет оказывать давление на принятие управленческих решений при выборе энергетических стратегий, в том числе, в части внедрения технологий улавливания, использования и хранения углерода [14; 2].

По официальным данным на территории области на 2015 год действует порядка 134 крупных и средних предприятий горнодобывающей, обрабатывающей промышленности, электроснабжения и водоснабжения. Совместное размещение промышленных предприятий и жилых районов без учёта экологической безопасности, высокая концентрация промышленного производства приводят к тому, что население региона постоянно находится в зоне воздействия вредных производств и их отходов. Ни одна область республики не испытывает такой техногенной нагрузки, как Карагандинская [15].

И вот, когда на чаше весов необходимость роста социального благополучия граждан, которую уже нельзя оставлять без внимания, а на другой чаше – сохранение для безопасного проживания территориальной общности людей [16] окружающей природной среды, то решения должны приниматься точно и комплексно. С учётом экспортной востребованности отраслевой продукции, объектов неблагоприятного экологического наследия, текущей высокой антропогенной нагрузки. В данном контексте авторами предлагается на локальном примере отразить расчётную эффективность применения наилучших доступных технологий.

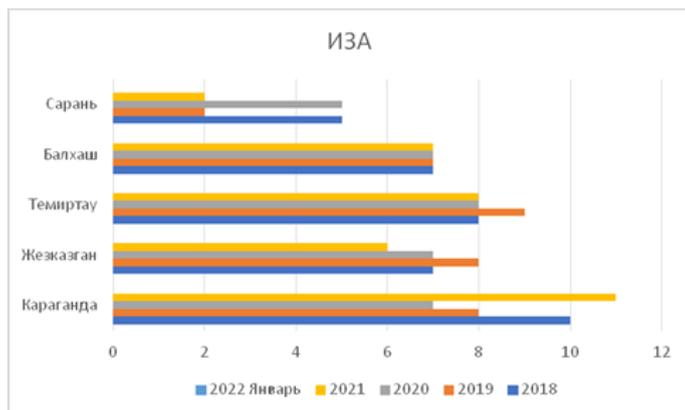
#### **Методика исследования**

Для исследования использованы методы анализа информации и обработки статистической информации, сопоставление оценок с внешней средой. Применён инструментальный геоинформационный и конструктивный моделирования в казахстанском экологическом нормативном правовом поле наилучших доступных технологий РФ. Данный подход обусловлен наличием опыта проработки российских наилучших доступных технологий на аналогичных сырьевых территориальных общественных системах и совпадающих в природно-климатическом отношении природно-территориальных комплексах.

Информационной базой исследования послужили материалы производственных натуральных исследований и документационного анализа на ТОО «Разрез Кузнецкий», нормативного правового поля Республики Казахстан и Российской Федерации. Перечень наилучших доступных технологий в Российской Федерации в сегменте природосберегающего оборудования. В качестве источников статистической информации выступили официальные статистические издания Республики Казахстан.

#### **Результаты исследования**

Состояние атмосферного воздуха и поверхностных вод Карагандинской области [по данным 17–21].



Уровень загрязнения населённых пунктов Карагандинской области (индекс загрязнения атмосферы) за 2018–2022 гг. [по данным 17–21].

Реки	2018	2019	2020	2021	2022 (Январь)
Нура	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0
Шерубайнура	не нормируется > 5 класса				
Соқыр	не нормируется > 5 класса	не нормируется > 5 класса	не нормируется > 5 класса	не нормируются > 5 класса	не нормируется > 5 класса
Кара-Кенгир	не нормируется > 5 класса	не нормируется > 5 класса	Не нормируется > 5 класса	не нормируются > 5 класса	не нормируется > 5 класса
Кокпекты	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0
Сарысу	2,0–4,0	не нормируется > 5 класса	не нормируется > 5 класса	не нормируются > 5 класса	не нормируется > 5 класса
Водохранилища					
Самаркан	не нормируется > 3 класса	не нормируется > 3 класса	не нормируется > 3 класс	2,0–4,0	не нормируется > 5 класса
Кенгир	2,0–4,0	не нормируется > 3 класса	2,0–4,0	2,0–4,0	не нормируется > 5 класса
озеро Балхаш	2,0–4,0	не нормируется > 5 класса	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0
канал им. К. Сатпаева	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0	2,0–4,0	4,0–5,0

**Вывод:** Состояние атмосферного воздуха оценивается высоким уровнем загрязнения. Состояние поверхностных вод носит отрицательный характер. С 2018 по 2022 год состояние поверхностных вод Карагандинской области только ухудшается.

Для ТОО «Разрез Кузнецкий» был разработан проект ОВОС. Основанием для разработки проекта «Оценки воздействия на окружающую среду» являются Экологический кодекс РК и «Инструкция по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду при разработке предплановой, предпроектной и проектной документации», утвержденная приказом № 204-п Министра ООС Республики Казахстан от 28.06.2007 г. в редакции согласно Приказ и.о. Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 19 марта 2012 года № 72-п. О внесении изменений в приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 28 июня 2007 года № 204-п «Об утверждении Инструкции по проведению оценки воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду при разработке предплановой, плановой, предпроектной и проектной документации».

В проекте выполнены следующие работы:

- определен класс опасности предприятия;
- проведена инвентаризация источников выбросов вредных веществ;
- выполнен расчёт величины выбросов загрязняющих веществ от источников предприятия на период 2020–2025 гг.;

По данным проекта ОВОС предприятие ТОО «Разрез Кузнецкий» добывает 200 тысяч тонн в год угля открытым способом, на 200 тысяч тонн приходится 5,034007 тонн/год выбросов «Пыль неорганическая SiO<sub>2</sub> 20–70 %» от буровых, взрывных, транспортных работ.

Пользуясь данными «Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям» [22] можно смоделировать следующую ситуацию. Если применить все наилучшие доступные технологии (НДТ) из данного справочника, то можно получить следующее:

На разрезе Кузнецком добывают 200 000 тонн/год угля

Неорганической пыли выбрасывается 5 тонн/год

Получается на каждую добытую тонну угля выбрасывается) × 100% = 0,0025% неорганической пыли SiO<sub>2</sub> 20–70 %

Дальше мы обращаем внимание на таблицу 35 из справочника НДТ.

Таблица 1 – Технологические показатели выбросов маркерных веществ при применении НДТ в области минимизации негативного воздействия на атмосферный воздух [22]

Вид деятельности	Маркерное вещество	Технологический показатель, г/т <sup>1)</sup>
Добыча угля подземным способом	Пыль неорганическая	≤85,0
Добыча угля открытым способом	Пыль неорганическая	≤598,0
Обогащение угля	Пыль неорганическая	≤23,3
Обогащение угля <sup>2)</sup>	Пыль неорганическая	≤144,0

<sup>1)</sup>Технологический показатель для добычи указан на тонну добытого угля, для обогащения – на тонну обогащенного угля  
<sup>2)</sup>Для предприятий, осуществляющих термическую сушку угля

Из неё следует что при добыче угля открытым способом при применении всех наилучших доступных технологий технологический показатель маркерного вещества (паль неорганическая) будет  $\leq 598 \frac{\text{грамм}}{\text{тонну}}$ , то есть на одну тонну добытого угля выбрасывается 0,000598 % неорганической пыли. Отсюда можем сделать следующие:

$$0,0025 \div 0,000598 = 4,18$$

Данный результат показывает если применить все НДТ для предприятия ТОО «Разрез Кузнецкий» количество выбросов неорганической пыли можно сократить в 4 раза.

#### Список источников

1. Бексеитова Р. Т. Эколого-геоморфологические системы и принципы их выделения (на примере территории Центрального Казахстана). Гидрометеорология и экология. 2010. № 3. С. 179–186.
2. Ананич И. Уголь снова в моде. Энергетическая политика. 2022. № 5 (171). С. 72–77. URL: [https://doi.org/10.46920/2409-5516\\_2022\\_5171\\_72](https://doi.org/10.46920/2409-5516_2022_5171_72).
3. Пантин В. И. Идеологические основы евразийской экономической интеграции. Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Международные отношения. 2022. Т. 22, № 1. С. 17–29. URL: <https://doi.org/10.22363/2313-0660-2022-22-1-17-29>.
4. Минакир П. А. Мировая экономика: идеальный шторм. Пространственная экономика. 2022. Т. 18, № 2. С. 7–37. URL: <https://doi.org/10.14530/se.2022.2.007-037>.
5. Холопов А. Глобальные дисбалансы: эволюция подходов. Мировая экономика и международные отношения. 2022. Т. 66, № 9. С. 19–28. URL: <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-9-19-28>.
6. Ушкалова Д. И. Внешняя торговля России в условиях санкционного давления. Журнал Новой экономической ассоциации. 2022. № 3 (55). С. 218–226. URL: <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2022-55-3-14>.
7. Грэм Т. Россия и США на мировой сцене. Часть I. Далекие друзья превращаются в соперников. Полис. Политические исследования. 2022. № 1. С. 7–18. URL: <https://doi.org/10.17976/jpps/2022.01.02>.
8. Битюкова В. Р., Шимунова А. А. Региональный анализ дифференциации промышленного загрязнения атмосферы на постсоветском пространстве. Региональные исследования. 2020. № 4. С. 82–96. URL: <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-4-7>.
9. Ахмеджанов А. Х., Ахметов Н. Д., Караданов Т. К. Изменение содержания метана в атмосфере на территории Казахстана по данным наземных наблюдений и спутникового зондирования. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 5. С. 293–300. URL: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-5-293-300>.

10. Королева Е. Г., Рахимбек С. К., Тупов С. С. Медико-географические аспекты мониторинга заболеваемости населения. Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 11. С. 1285–1295. URL: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1285-1295>.
11. Ибраева Л. К., Рыбалкина Д. Х., Жанбасинова Н. М., Дробченко Е. А. Медико-социальные потери лет от заболеваний системы кровообращения в промышленных регионах Казахстана. Медицина труда и промышленная экология. 2019. № 1 (7). С. 444–448. URL: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-444-448>.
12. Истомина И. С. Региональное распределение обязательств по сокращению выбросов парниковых газов в Казахстане для достижения целей в Парижском соглашении. Проблемы региональной экологии. 2020. № 4. С. 107–112. URL: <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2020-14107>.
13. Варавин Е. В., Козлова М. В. Оценка развития зелёной экономики в регионе (на примере Республики Казахстан). Экономика региона. 2018. Т. 14, № 4. С. 1282–1297. URL: <https://doi.org/10.17059/2018-4-18>.
14. Чурсин М., Ананич И. Уголь: закат или ренессанс? Энергетическая политика. 2022. № 3 (169). С. 4–13. URL: [https://doi.org/10.46920/2409-5516\\_2022\\_3169\\_4](https://doi.org/10.46920/2409-5516_2022_3169_4).
15. Воротило М. К. Экологические проблемы Карагандинской области. Проблемы геологии и освоения недр. Томск: Изд-во ТПУ, 2017. С. 717–719.
16. Михайлов В., Рунге Й. Идентификация человека. Территориальные общности и социальное пространство: опыт концептуализации. Социологические исследования. 2019. № 1. С. 52–62. URL: <https://doi.org/10.31857/S013216250003747-4>.
17. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. Нур-Султан, 2018. 421 с.
18. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. Нур-Султан, 2019. 372 с.
19. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. Нур-Султан, 2020. 316 с.
20. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Карагандинской области. Караганда, 2021. 51 с.
21. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Карагандинской области. Караганда, 2022. 32 с.
22. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 37-2017. Добыча и обогащение угля. Москва: Бюро НДТ, 2017. 294 с.

#### References

1. Bekseitova R. T. Ecological and geomorphological systems and principles of their allocation (on the Example of the Territory of central Kazakhstan). *Gidrometeorologiya i ekologiya*. 2010;(3):179–186. (In Russ.)
2. Ananich I. Goal is back in fashion. *Energy policy*. 2022;5(171):72–77. URL: [https://doi.org/10.46920/2409-5516\\_2022\\_5171\\_72](https://doi.org/10.46920/2409-5516_2022_5171_72). (In Russ.)
3. Pantin V. I. The Ideological foundations of Eurasian economic integration. *Vestnik RUDN. International relations*. 2022;22(1):17–29. URL: <https://doi.org/10.22363/2313-0660-2022-22-1-17-29>. (In Russ.)
4. Minakir P. A. The World Economy: The Perfect Storm. *Spatial Economics*. 2022;18(2):7–37. Available at: <https://dx.doi.org/10.14530/se.2022.2.007-037> (In Russ.)
5. Kholopov A. Global Imbalances: Evolution of Approaches. *World Economy and International Relations*. 2022;66(9):19–28. URL: <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-9-19-28> (In Russ.)
6. Ushkalova D. I. Russia's foreign trade under sanctions pressure. *Journal of the New Economic Association*. 2022;3(55):218–226. URL: <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2022-55-3-14> (In Russ.)
7. Graham T. Russia and the United States on the world stage. Part I. From distant friendship to incipient rivalry. *Polis. Political Studies*. 2022;(1):7–18. URL: <https://doi.org/10.17976/jpps/2022.01.02>. (In Russ.)
8. Bitjukova V. R., Shimunova A. A. Regional analysis of differentiation in air pollution from manufacturing at the Post-soviet territories. *Regional studies*. 2020;4(70):82–96. URL: <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-4-7>. (In Russ.)
9. Akhmedzhanov A. Kh., Akhmetov N. D., Karadanov T. K. Changes in methane in the Atmosphere of Kazakhstan from ground and satellite data. *Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2019;16(5):293–300. URL: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-5-293-300>. (In Russ.)

10. Koroleva E. G., Rakhimbek S. K., Tupov S. S. Medical and geographical aspects of monitoring of population morbidity. *Hygiene and sanitation*. 2019;98(11):1285–1295. URL: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1285-1295>. (In Russ.)
11. Ibrayeva L. K., Rybalkina D. K., Zhanbasinova N. M., Drobchenko E. A. Medical and social losses from diseases of the circulatory system in industrial regions of Kazakhstan. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2019;1(7):444–448. URL: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-444-448>. (In Russ.)
12. Istomin I. S. Regional sharing of GHG emission reduction commitments in Kazakhstan to achieve the Goals in the Paris climate agreement. *Regional Environmental Issues*. 2020;(4):107–112. Available at: <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2020-14107> (In Russ.)
13. Varavin E. V., Kozlova M. V. Assessment of «Green» Economy Development in Regions (On the Example of the Republic of Kazakhstan). *Economy of Region*, 2018;14(4):1282–1297. URL: <https://doi.org/10.17059/2018-4-18> (In Russ.)
14. Chursin M., Ananich I. Coal: sunset or renaissance? *Energy policy*. 2022;3(169):4–13. URL: [https://doi.org/10.46920/2409-5516\\_2022\\_3169\\_4](https://doi.org/10.46920/2409-5516_2022_3169_4). (In Russ.)
15. Vorotilo M. K. Environmental problems of the Karaganda region. Problems of geology and subsoil development. Tomsk: TPU, 2017. P. 717–719. (In Russ.)
16. Mihailov V., Runge J. Identification of Individual. Territorial Communities and Social Space: an Attempt of Conceptualisation. *Sotsiologicheskie issledovaniya*. 2019;(1):52–62. URL: <https://doi.org/10.31857/S013216250003747-4>. (In Russ.)
17. Akparattyk bulletin of Kazakhstan Republikasyny. Astana. 2018:421. (In Kaz.)
18. Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan. Nur-Sultan. 2019:372. (In Russ.)
19. Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan. Nur-Sultan. 2020:316. (In Russ.)
20. Information bulletin on the state of the environment of the Karaganda region. Karaganda. 2021:51. (In Russ.)
21. Information bulletin on the state of the environment of the Karaganda region. Karaganda. 2022:32. (In Russ.)
22. Information and technical handbook on the best available technologies. ITS 37-2017. Coal mining and processing. Moscow: NDT. 2017:294. (In Russ.)

#### Информация об авторах

Петров Ю. В. – кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и природопользования ФГАОУ «Тюменский государственный университет» (Институт наук о Земле);  
Шкитин А. В. – бакалавр кафедры геоэкологии и природопользования, ФГАОУ «Тюменский государственный университет» (Институт наук о Земле).

#### Information about the authors

Petrov Yu. V. – Candidate of Sciences (Geography), Associate Professor of the Department of Geoecology and Nature Management, University of Tyumen (Institute of Earth Sciences);  
Shkitin A. V. – Bachelor of the Department of Geoecology and Nature Management University of Tyumen (Institute of Earth Sciences).

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

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

Статья поступила в редакцию 30.11.2022; одобрена после рецензирования 22.12.2022; принята к публикации 16.01.2023.

The article was submitted 30.11.2022; approved after reviewing 22.12.2022; accepted for publication 16.01.2023.

## ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

*Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 135–141.  
*Geology, geography and global energy.* 2023;1(88):135–141. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 504.2  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_135

### ГЕОЭКОЛОГИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ВОЛГОГРАДА

Анисимов Леонид Алексеевич<sup>1✉</sup>, Солодовников Денис Анатольевич<sup>2</sup>,  
Донцова Ольга Леонидовна<sup>3</sup>, Панина Ольга Владимировна<sup>4</sup>  
<sup>1,2</sup>Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия  
<sup>3,4</sup>Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия  
<sup>1</sup>anisimov@volsu.ru<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>densolodovnikov@mail.ru  
<sup>3</sup>doncovaol@mail.ru  
<sup>4</sup>panina\_olga@inbox.ru

**Аннотация.** В настоящее время в Волгограде начаты масштабные работы по преобразованию береговой линии Волги, где развиты такие опасные геологические процессы, как овражная эрозия и оползание. Рассмотрены проявления наиболее известных оползней в береговой зоне и определены условия их возникновения. Опасность представляют сооружения, которые могут существенно изменить режим поверхностных и грунтовых вод, что провоцирует оползневой процесс. Обоснована система геоэкологического мониторинга береговой линии.

**Ключевые слова:** Волгоград, Волга, берег, набережная, оползни, мониторинг

**Для цитирования:** Анисимов Л. А., Солодовников Д. А., Донцова О. Л., Панина О. В. Геоэкология береговой линии Волгограда // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 1 (88). С. 135–141. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_135](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_135).

### GEOECOLOGY OF THE VOLGA COASTLINE IN VOLGOGRAD

Leonid A. Anisimov<sup>1✉</sup>, Denis A. Solodovnikov<sup>2</sup>, Olga L. Dontsova<sup>3</sup>, Olga V. Panina<sup>4</sup>  
<sup>1,2</sup>Volgograd State University, Volgograd, Russia  
<sup>3,4</sup>Kuban State University, Krasnodar, Russia  
<sup>1</sup>anisimov@volsu.ru<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>densolodovnikov@mail.ru  
<sup>3</sup>doncovaol@mail.ru  
<sup>4</sup>panina\_olga@inbox.ru

**Annotation:** Currently, large-scale work has begun in Volgograd to transform the Volga coastline, where dangerous geological processes as gully erosion and landslide are developed. The manifestations of the most famous landslides in the coastal zone are considered and the conditions of their occurrence are determined. The hazards are represented by construction structures that can significantly change the regime of surface water and groundwater, which provokes a landslide process. The system of geoeological monitoring of the coastline is substantiated.

**Keywords:** Volgograd, Volga, coastline, embankment, landslides, monitoring

**For citation:** Anisimov L. A., Solodovnikov D. A., Dontsova O. L., Panina O. V. Geocology of the Volga coastline in Volgograd. *Geology, Geography and Global Energy.* 2023;1(88):135–141. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_135](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_135).

В настоящее время в Волгограде начаты масштабные работы по укреплению правого берега Волги. В многочисленных публикациях средств массовой информации отмечается, что потребность в проекте берегоукрепления назрела давно и начала воплощается в жизнь. Город нужно

разворачивать в сторону Волги, менять саму структуру Волгограда. Губернатору Андрею Бочарову удалось убедить Правительство РФ в необходимости финансирования масштабного проекта по преобразованию береговой линии [7].

На протяжении многих лет склоны правого берега Волги разрушались из-за воздействия природных и антропогенных факторов, несмотря на проводимые работы по берегоукреплению. В советское время правый берег Волги считался оползневой зоной, строительство ограничивалось. Значительную долю берега занимают промышленные предприятия, которые используют его для своих нужд. Системно укреплять береговую линию в Волгограде начали с 2014 г. с целью создать единый инженерный комплекс путём объединения всех участков берегоукрепления. Полное завершение проекта позволит продлить рокадную дорогу вдоль берега и создать почти 20-километровую благоустроенную набережную.

Задача масштабная и актуальная. Крутой и неустойчивый берег Волги стал большой проблемой, начиная с момента образования города. Эрозия и разрушение склонов создавали большие бытовые неудобства и не украшали внешний облик города (рис. 1). Неудивительно, что несколько поколений исследователей изучали эти процессы, чтобы понять их природу и предложить комплекс мероприятий для защиты от опасных природных и природно-техногенных процессов.



Рисунок 1 – Набережная Царицына. 1890 г. [2]

Изучение оползневой опасности береговой зоны Волги в Нижнем Поволжье имеет многовековую историю. В начале XX века были детально изучены оползни Саратовской губернии известным геологом А. Н. Павловым. В 1913 г. Н. Н. Яковлев, профессор Петербургского горного университета, был послан в Царицын, где на левом берегу реки Царицы сполз бульвар [8]. В предвоенные годы изучением оползней Поволжья занимались такие видные геологи как А. М. Мазарович и Е. В. Милановский. Позже большой вклад в это дело внёс А. Ф. Чепрасов, руководитель противооползневой и берегоукрепительной станции в Волгограде, который опубликовал в 1972 г. книгу «Оползни и опыт борьбы с ними» [6]. Все эти исследователи детально описали строение многих оползней, условия их образования и меры по борьбе с ними. В последнее время проведено обобщение знаний об оползнях береговой зоны Волги в работах В. Н. Синякова [4], Н. А. Самуся [3] и Ю. А. Корховой [1]. Оползни береговой зоны Волгограда не такие масштабные как в Саратове, но они более многочисленные и часто очень болезненные, так как почти всегда затрагивают важные социальные объекты города.

Основная застроенная зона Волгограда развита на Волжском склоне Приволжской возвышенности, сложенном молодыми кайнозойскими слабо консолидированными породами. Это определило развитие таких опасных геологических процессов, как овражная эрозия и, соответственно, оползание. Склон прорезан многочисленными балками и оврагами. Балки простираются от основания склона у берега Волги к водоразделу на расстояние от 3 до 16 км, достигая ширины 200 м; глубина эрозионного вреза оврагов по склонам балок до 20 и более м., густота овражно-балочной сети по правобережью достигает 2,2 км/км. Балки являются естественными дренами поверхностных вод. В настоящее время многие балки и овраги засыпаны, но поверхностным водам нужно куда-то стекать, происходит переход поверхностного стока в подземный. Как следствие, поднимается уровень грунтовых вод, изменяются механические свойства грунтов и вес грунтового массива. Эти явления провоцируют активизацию оползневых процессов.

В настоящее время существует несколько десятков классификаций оползней, что связано как с разнообразием их геологического строения, так и с динамикой развития оползневого

процесса. Явление оползания во многом одномоментный процесс, являющийся следствием длительного развития, причём много неопределённости вносят техногенные факторы, которые могут задержать процесс или, наоборот, спровоцировать оползание. Динамику процесса во многом определяет водный режим. В своей классификации Г. П. Горшков и А. Ф. Якушева (1988) выделяют в зависимости от водности оползневого массива водно-гравитационные (оползни; глыбовые, блоковые, террасовидные, цирковидные – оползневая группа) и гравитационно-водные (оползневые потоки, оплывины, грязекаменные потоки или сели – оползне-потоковая группа).

Водно-гравитационные блоковые оползни в основном старые и связаны с глинами царичинской свиты палеогена в долине Волги в северной части города. К ним относятся Лоташинский длиной 1250 м, Винновский (500 м) и Акатовский (850 м). Амплитуда смещения всех этих оползней составляла до 20 м, причиной появления была интенсивная речная эрозия и увлажнение глин, по которым и произошло оползание. Их форма фронтальная, реже циркообразная. Эти оползни расположены выше плотины Волжской ГЭС. К сожалению, оползневая опасность такого рода характерна для берега Волги и в районе Спартановки от плотины до устья Мокрой Мечетки. Примером такой опасности может быть появление трещин отрыва у недавно построенного дома на ул. Набережная Волжской Флотилии (рис. 2).



Рисунок 2 – Трещины отрыва на береговом склоне в районе Спартановки

Гравитационно-водные оползни являются наиболее распространённым типом оползней в более южных районах Волгограда. Это неглубокие (максимум до 8 м) оползни, часто называемые оплывинами, образование которых связано с переувлажнением выветрелых трещиноватых разностей верхней части разреза хвалыньских глин. Поверхность скольжения обычно приурочена к подошве водоносного горизонта, развитого в трещинах толщи глин. Примером таких оползней являются оползни в Краснооктябрьском районе у стадиона «Монолит», «Волгоград Арены», на 10–11 км железной дороги Волгоград – Краснодар, у оврага Большой Купоросный и др. В основном образование оползней здесь связано с деятельностью человека: из 112 оползней, произошедших в 1935–1981 гг., 90 имеют антропогенное и природно-антропогенное происхождение, и лишь 22 – природное [3].

Наиболее известным является оползень в районе стадиона «Монолит», когда в 1962 г. съехала в Волгу набережная. Лестница из розового мрамора спускалась прямо к воде. Небольшая набережная длиной всего около 200 м была уникальным сооружением для послевоенного города (рис. 3). Характер разрушения берега показывает, что оползень имеет явно техногенное происхождение. Само сооружение представляло собой плотину, которая надёжно перекрывала сток поверхностных и грунтовых вод. Пример является классическим, когда сооружение может быть безупречным в архитектурном отношении, но не учитывает характер инженерно-геологических процессов.



Рисунок 3 – Набережная в Краснооктябрьском районе до и после прохождения оползня

Серьёзные опасения вызывает район недавно построенной «Волгоград Арены». Здесь в июле 2018 г. ливень размыл склон берега напротив стадиона (рис. 4). Слабым местом оказалась ливневая канализация по откосу. После «знаменитого» ливня, который случился в Волгограде 15 июля 2018 года, склоны стадиона «Волгоград Арена» сползли на Нулевую Продольную, дорогу, идущую вдоль берега Волги. На устранение последствий ушло несколько месяцев. 6 июня 2019 ливень снова размыл склон у стадиона «Волгоград Арена», кучи песка и грязи частично заблокировали движение по Нулевой Продольной магистрали.

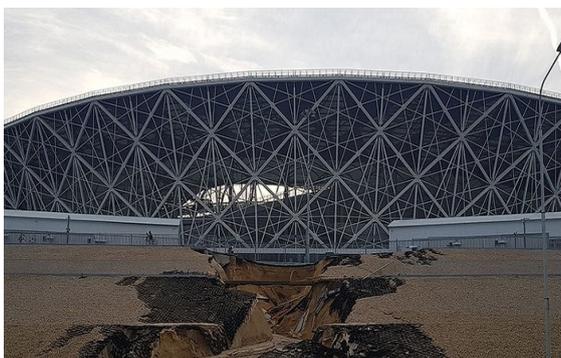


Рисунок 4 – Оползень на береговом склоне у «Волгоград-Арены»

Локализация оползней в районе «Волгоград-Арены», их относительно небольшие размеры, показывают, что оползание носит выборочный характер и связано, вероятно, с участками, где концентрируются основные потоки поверхностных и грунтовых вод. Этот процесс формируется на значительной водосборной площади и распределяется в соответствии с рельефом местности и техногенными сооружениями, которые могут перенаправить потоки или, наоборот, создать подземную плотину. Согласно СП 11-105-97 [5] «При инженерно-геологических изысканиях в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов следует учитывать, что при составлении прогноза их развития и активизации, как правило, нельзя

ограничиваться только участком, в пределах которого намечено строительство объекта. Кроме того, при изысканиях под сооружения повышенного уровня ответственности и при отсутствии соответствующего опыта изысканий и проектирования в аналогичных условиях рекомендуется привлекать специализированные научно-исследовательские организации для консультаций, проведения отдельных видов исследований и выполнения прогноза и моделирования».

Предприятие «Спорт-Инжинирингом», которое соорудило «Волгоград-Арену», не уделило должного внимания водоотводу и было привлечено к ответственности за аварию. В суде предприятие настаивало, что не могло рассчитать угрозу схода ливневых вод из-за установленных временных бордюров перед «Волгоград Ареной», поскольку территория вокруг стадиона не вошла в земли его проектирования при строительстве. В данном случае были сэкономлены средства и нарушены основные положения СП 11 105-97, часть II, раздел «Инженерно-геологические изыскания в районах развития склоновых процессов» [5].

В своей работе Н. А. Самусь [3] также отмечает, что «существенным минусом в организации берегоукрепительных и противооползневых мероприятий оказалось разделение в своё время берега Волги на участки, подведомственные различным министерствам, в зависимости от расположенного на берегу (и даже вдали от него) промышленного предприятия, которому вменялись в обязанность противооползневые работы. Такое разделение с целью ведомственного финансирования этих работ было выполнено без учёта особенностей геологического строения и «оползневой напряжённости» выделенных участков, т. е. без обоснования их границ».

Учёт этого положения является особенно важным, так как проявление оползневых процессов во многом зависит от режима поверхностных и подземных вод в водосборном бассейне, а оползень формируется как интегральный итог перераспределения поверхностных потоков, условий инфильтрации и режима подземных вод. Отсюда «следует признать, что, несмотря на кажущийся полным учёт всех природных и техногенных факторов, при оценке оползневой опасности наиболее надёжным и достоверным остаётся метод аналогий. Очень важно при этом подобрать более-менее достоверный аналог, а это возможно при знании природной обстановки не только на небольшом исследуемом участке, но и на всей прилегающей территории» [3].

Возвращаясь к масштабным работам по строительству Волгоградской набережной следует отметить, что никто не может гарантировать, что в процессе проектирования и реализации проекта учтены все опасности, которые ожидают это прекрасное сооружение в среднесрочной и, особенно, в долгосрочной перспективе. В случае нарушения устойчивости склона убытки будут огромны, особенно в центральной части набережной, где дома близко подходят к бровке склона (см. рис. 5). «Одеть» склон в бетон – верный способ изменить режим грунтовых вод, подтопить территорию и коренным образом изменить состояние грунтового массива.



Рисунок 5 – Новая набережная в центральной части Волгограда

Выход нам видится в организации надёжного геоэкологического мониторинга всей береговой линии Волгограда, где проводились берегоукрепительные работы. К составлению программы мониторинга должны быть привлечены специалисты по инженерной геологии, которые должны учесть не только геологические и гидрогеологические условия склонов, но и определить характер влияния построенных сооружений на изменение геотехнических параметров грунтовых массивов. Основываясь на методе аналогий проводится анализ рисков как вероятности оползневых процессов, так и ожидаемого ущерба. На основе оценки риска определяется объём

мониторинговой сети, а также периодичность измеряемых параметров. Важнейшей составной частью мониторинга должны являться наблюдательные скважины, которые контролируют изменение статического уровня грунтовых вод на склоне и присклоновых участках. Этот показатель является приоритетным для принятия оперативных решений (дополнительный дренаж или осушение склона).

К процессу должны быть привлечены работники высших учебных заведений Волгограда. Их опыт и знания не могут быть лишними в условиях, когда величина возможного ущерба значительно увеличилась после вложения огромных средств в берегоукрепительные работы. В настоящее время в Волгоградском государственном университете начата подготовка геологов со специализацией по инженерной геологии, что позволит привлечь многих студентов к изучению геоэкологических процессов на территории Волгограда. Проведение масштабного мониторинга в береговой зоне Волгограда – очень объемный и затратный процесс и проблемы могут быть успешно решены, если привлечь к работе студенческие бригады. Закончить строительство сооружений – это только начало работы. Обеспечить их надёжное и длительное функционирование потребует глубоких знаний и не меньших усилий.

#### Список источников

1. Корхова Ю. А. Закономерности размещения и геоэкологическое состояние оползней Волгоградской агломерации // Стрежень: науч. ежегодник / под ред. М. М. Загорюлко. Волгоград: «Издатель», 2010. Вып. 8. С. 124–130.
2. Олейников П. П., Мельникова О. Г. Исторические аспекты трансформации прибрежных территорий в Царицыне-Волгограде // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. Волгоград: изд-во ВГАСУ, 2022. Вып. 3 (88). С. 514–529.
3. Самусь Н. А. Оползневые процессы на территории Волгоградской агломерации // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. Серия: Естественные и физико-матем. науки. Волгоград, 2007. № 6 (24). С. 86–101.
4. Сinyaков В. Н. Региональная инженерно-геологическая характеристика оползневых процессов в Нижнем Поволжье // Городские агломерации на оползневых территориях. Волгоград: изд-во ВГАСУ, 2005. Ч. 2. С. 80–83.
5. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Москва: Госстрой России. Москва: ПНИИИС Госстроя России, 2000.
6. Чепрасов А.Ф. Оползни и опыт борьбы с ними. Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во, 1972. 88 с.
7. URL: <https://code.radiosit.ru/codes/chto-stroyat-na-beregu-volgi-v-voroshilovskom-rayone-volgograda.html>.
8. Яковлев Н. Н. Об оползнях берега Волги в Царицыне // Изв. Геолкома. Проток. 1913. С. 299–306.

#### References

1. Korkhova Yu. A. Regularities of placement and geoecological state of landslides of the Volgograd agglomeration. *Strezhchen: scientific yearbook* / ed. M. M. Zagorulko. Volgograd: «Publisher». 2010;8:124–130. (In Russ.).
2. Oleynikov P. P., Melnikova O. G. Transformation of coastal territories in Tsaritsyn-Volgograd. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*. Volgograd: VGASU Publishing House; 2022;3(88):514–529. (In Russ.).
3. Samus N. A. Landslide processes on the territory of the Volgograd agglomeration. *News of the Volgograd State Pedagogical University. Series: Natural and Physico-Mathematical Science*. Volgograd. 2007;6 (24):86–101. (In Russ.).
4. Sinyakov V. N. Regional engineering-geological characteristics of landslide processes in the Lower Volga region. *Urban agglomerations on landslide territories*. Volgograd: VGASU Publishing House; 2005;2:80–83. (In Russ.).
5. SP 11-105-97. Engineering and geological surveys for the construction. Ch. II. Rules of work in areas of development of hazardous geological and engineering-geological processes. Moscow: GOSSTROY of Russia. Moscow: PNIIS GOSSTROY of Russia, 2000.
6. Cheprasov A. F. Landslides and the experience of managing them. *Volgograd: Nizhne-Volzhskoe book Publishing House*. 1972:88. (In Russ.).
7. URL: <https://code.radiosit.ru/codes/chto-stroyat-na-beregu-volgi-v-voroshilovskom-rayone-volgograda.html>.
8. Yakovlev N. N. About landslides of the Volga bank in Tsaritsyn. *News of Geolkom. Protok.* 1913:299–306. (In Russ.).

Информация об авторах

Анисимов Л. А. – доктор геолого-минералогических наук, профессор;  
Солодовников Д. А. – кандидат географических наук, зав.кафедрой  
Донцова О. Л. – кандидат географических наук, доцент  
Панина О. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Information about the authors

Anisimov L. A. – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor;  
Solodovnikov D. A. – Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department  
Dontsova O. L. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor  
Panina O. V. – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, 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 29.11.2022; одобрена после рецензирования 24.01.2023; принята к публикации 06.02.2023.

The article was submitted 29.11.2022; approved after reviewing 24.01.2023; accepted for publication 06.02.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 142–146.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):142–146. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 665.7 : 622.276  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_142

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЖИГАНИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Глебова Любовь Владимировна<sup>1✉</sup>, Шарипов Фарит Азатович<sup>2</sup>,  
Вобликова Елизавета Юрьевна<sup>3</sup>, Артамонов Данила Сергеевич<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия  
<sup>1</sup>lvglebova@mail.ru✉  
<sup>2</sup>farit.sharipov.2020@mail.ru  
<sup>3</sup>bellyliss@bk.ru  
<sup>4</sup>danila21@icloud.com

**Аннотация.** ПНГ – попутный компонент нефтедобычи; он выделяется из нефти при снижении давления, когда углеводороды поднимаются на поверхность. В России попутный нефтяной газ начали сжигать в 1960-х годах при открытии крупных нефтяных месторождений в Западной Сибири. На сегодняшний день этот метод признан наиболее опасным для окружающей среды, но продолжает использоваться во многих странах до сих пор. Сжигание попутного нефтяного газа генерирует около 1 % всех мировых выбросов парниковых газов, а также приводит к выбросу в атмосферу многих опасных химических элементов, негативно влияющих на геоэкологическую обстановку нефтеносных районов. Для предотвращения экологических катастроф необходимо использовать рациональные способы использования ПНГ – от выработки электроэнергии до закачки в продуктивные пласты для повышения нефтеотдачи.

**Ключевые слова:** попутный нефтяной газ, факельная установка, использование ПНГ, выбросы сажи, парниковые газы, экологические проблемы, закачка в продуктивный пласт, химическая переработка, нулевой углеродный след

**Для цитирования:** Глебова Л. В., Шарипов Ф. А., Вобликова Е. Ю., Артамонов Д. С. Экологические проблемы сжигания попутного нефтяного газа // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 142–146. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_142](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_142).

## ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS COMBUSTION

Lyubov V. Glebova<sup>1✉</sup>, Farit A. Sharipov<sup>2</sup>, Elizaveta Y. Voblikova<sup>3</sup>, Danila S. Artamonov<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia  
<sup>1</sup>lvglebova@mail.ru✉  
<sup>2</sup>farit.sharipov.2020@mail.ru  
<sup>3</sup>bellyliss@bk.ru  
<sup>4</sup>danila21@icloud.com

**Abstract.** APG is an associated component of oil production; it is released from oil when pressure decreases, when hydrocarbons rise to the surface. In Russia, associated petroleum gas began to be burned in the 1960s when large oil fields were discovered in Western Siberia. To date, this method is recognized as the most dangerous for the environment, but continues to be used in many countries until now. The burning of associated petroleum gas generates about 1 % of all global greenhouse gas emissions, and also leads to the release into the atmosphere of many hazardous chemical elements that negatively affect the geo-ecological situation of oil-bearing areas. To prevent environmental disasters, it is necessary to use rational ways of using APG – from generating electricity to pumping into productive formations to increase oil recovery.

**Keywords:** associated petroleum gas, flare installation, APG use, soot emissions, greenhouse gases, environmental problems, injection into a productive reservoir, chemical processing, zero carbon footprint

**For citation:** Glebova L. V., Sharipov F. A., Voblikova E. Yu., Artamonov D. S. Environmental problems of associated petroleum gas combustion. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;1(88):142–146. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_142](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_142).

---

© Глебова Л. В., Шарипов Ф. А., Вобликова Е. Ю., Данила А. С., 2023

Попутный нефтяной газ (ПНГ) – смесь углеводородных и не углеводородных газовых компонентов, растворенная в нефти, или находящаяся в газовых «шапках» нефтегазовых (газонефтяных) месторождений. ПНГ выделяется из нефти во время снижения давления при подъёме продукции скважин на поверхность. Попутные газы обычно представлены углеводородами парафинового ряда от метана  $\text{CH}_4$  до гексана  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ , включая изомеры  $\text{C}_4\text{--C}_6$  (Юмаев М. М). Содержание в них тяжёлых углеводородов составляет более 20 %, а иногда до 80 %. В состав ПНГ также могут быть включены  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , гелий, аргон, меркаптаны и тиофены. В отличие от природного газа попутный газ имеет в своём составе гораздо меньшее количество метана ( $\text{CH}_4$ ) и большее содержание этана, пропана, бутана и других углеводородных компонентов.

Одной из крупнейших мировых экологических проблем, связанных с добычей и переработкой углеводородов, является сжигание попутного нефтяного газа на факельных установках. Этот вопрос всегда волнует мировое сообщество и обсуждается на различных экологических конференциях. В 2015 году в Париже на Всемирной конференции по изменению климата (COP21) была принята программа «Zero Routine Flaring by 2030» с целью полного прекращения сжигания соответствующего нефтяного газа к 2030 году.

Сжигание попутного нефтяного газа является наиболее острой проблемой для нефтегазовой отрасли нашей страны, так как уровень использования добываемого ПНГ в России составляет 82,6 % (в 2020 г.), а в странах Запада (Канада и Норвегия) этот показатель составляет 98 %.

Большая часть попутного газа в РФ сжигается на факелах, этот способ приводит к значительным выбросам твёрдых загрязняющих веществ в атмосферу, что приводит к ухудшению экологической обстановки в нефтегазодобывающих районах (рис. 1). При сжигании на факелах ежегодно образуются десятки миллионов тонн двуокиси углерода. Также вредными компонентами сгорания ПНГ являются сажа, оксид азота ( $\text{NO}$ ), диоксид ( $\text{SO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_3$ ).



Рисунок 1 – Факельная установка на установке по комплексной подготовке нефти и газа в Башкирии

При сжигании попутного газа ежегодно в атмосферу выбрасывается 500 000 тонн сажи. Частицы сажи переносятся на большие расстояния и оседают на ледяных и снежных поверхностях, что приводит к снижению отражательной способности поверхностного слоя земли. В результате уменьшения альбедо (характеристика диффузной отражательной способности поверхности) наша планета меньше отражает солнечную энергию, что вызывает повышение температуры воздуха и приземного слоя. Районы Крайнего Севера из-за низкой устойчивости природной среды наиболее подвержены климатическим изменениям. По мнению исследователей, к концу 21 века прогнозируется повышение температуры в Арктике на  $20^\circ\text{C}$ , это может привести к исчезновению многих видов растительности и животных в регионе.

Трехокись серы ( $\text{SO}_3$ ) – опасный компонент горения попутного газа, который образуется при постепенном окислении оксида серы ( $\text{SO}_2$ ) кислородом воздуха с участием света. Результатом химической реакции является аэрозоль серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), который попадает в атмосферу. Выпадая с осадками, это вещество окисляет почву, что негативно сказывается на жизнедеятельности биогеоценозов, обостряет различные респираторные заболевания.

Сжигание попутного газа на факелах сопровождается тепловым загрязнением окружающей среды: разрушение почвы происходит в пределах 10–30 метров вокруг факела, ухудшение состояния растительного покрова наблюдается на расстоянии 50–150 метров. Из-за низкого КПД факельных установок (газ сгорает не полностью) в атмосферу выбрасываются не только продукты сгорания газа, но и различные негорючие компоненты. В районах нефтепромыслов высокие концентрации азотного и серного ангидридов отмечаются на расстоянии 1–3 км от факела,

сероводорода – 5–10 км, а оксида углерода (СО) и аммиака (NH<sub>3</sub>) – до 15 км. Повышенные концентрации токсичных веществ приводят к увеличению заболеваемости раком лёгких и бронхов у населения нефтедобывающих регионов, поражению печени и желудочно-кишечного тракта, нервной системы, органов зрения и эндокринной системы.

Помимо большого количества экологических катастроф, сжигание попутного нефтяного газа приводит к экономическим проблемам, поскольку «сжигается» очень ценное сырьё для химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Попутный газ имеет высокую теплотворную способность, его компоненты используются в производстве различных полимеров, а другие его элементы перерабатываются в сырьё для высокооктановых топливных присадок и сжиженных углеводородных газов. Ежегодно российские нефтегазовые компании сжигают более 10 миллиардов кубометров попутного газа, а это означает потерю более 100 миллиардов рублей или 50 миллиардов кВтч электроэнергии.

На сегодняшний день существует множество технологий рационального использования попутного нефтяного газа:

1. Использование попутного газа для выработки электроэнергии;
2. Химическая очистка на различных заводах;
3. Криогенная переработка попутного нефтяного газа до сжиженного состояния;
4. Закачка в продуктивные горизонты с целью повышения пластового давления.

Для выработки электроэнергии на нефтяных месторождениях строятся газотурбинные и газопоршневые электростанции, вырабатывающие электроэнергию из попутного нефтяного газа (рис. 2). Этот метод очень выгоден для нефтегазовых компаний, как с экологической, так и с экономической точки зрения. Во-первых, территории районов нефтедобычи не будут загрязняться вредными веществами. Во-вторых, нефтегазовые компании не будут платить штрафы за неполное использование ПНГ (согласно Постановлению Правительства РФ № 1148 от 08.11.2012 г. попутный газ может сжигаться в количестве, не превышающем 5 % добычи ПНГ). Нельзя не заметить инновационное направление использования электроэнергии, вырабатываемой турбинными и газопоршневыми электростанциями, для добычи криптовалют. Применение этого метода активно используется крупными нефтегазовыми компаниями США. Также в ходе Международного экономического форума в Санкт-Петербурге 2022 крупнейшая российская компания «Газпромнефть» подписала соглашение с BitRiver, обеспечивающее возможность добычи криптовалют на нефтяных месторождениях.



Рисунок 2 – Газотурбинная электростанция в Пермском крае, позволяющая обеспечить утилизацию ПНГ

Для получения синтетического топлива из попутного газа применяют химическую переработку, основанную на реакции Фишера-Тропша. Синтетическое масло, дизельное топливо, смазочные масла и парафины получают из метана и его аналогов. Также возможно разделение попутного газа на различные компоненты (рис. 3). С помощью определённых установок по переработке ПНГ разделяется на метан, который затем может поступать в трубопровод, и на смесь веществ, с двумя и более атомами углерода (широкие фракции лёгких углеводородов). Причиной отсутствия реализации проектов в России являются высокие капитальные затраты на различные устройства (теплообменники, сепараторы, накопительные ёмкости и т.д.).

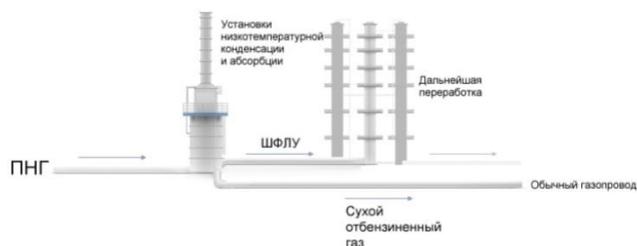


Рисунок 3 – Схема разделения ПНГ на различные компоненты

Криогенная переработка ПНГ – технология сжижения газа, основанная на замкнутом одно-поточном холодильном цикле, которая предназначена для использования в качестве топлива сжиженного попутного газа. В Китае применяется метод, представляющий собой процесс переработки попутного газа в жидкое агрегатное состояние с предварительным выделением лёгкого бензина, а также сжиженного и сухого газа.

ПНГ также используется для повышения нефтеотдачи продуктивных пластов. Благодаря своей гомологической близости к нефти попутный нефтяной газ является идеальным агентом для газового и водогазового воздействия на пласт. Существуют технологии извлечения попутного газа из затрубного пространства и последующей его закачки в пласт для повышения пластового давления.

Ситуация с рациональным использованием ПНГ в нашей стране с каждым годом улучшается. Общеотраслевой показатель полезного использования попутного нефтяного газа с каждым годом увеличивается. Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 г. к 2024 г. эффективность использования попутного нефтяного газа должна достичь 90 %. Стоит отметить, что в последнее время все больше компаний добиваются хороших показателей рационального применения ПНГ, например, в 2020 компанией «Сургутнефтегаз» удалось выйти на уровень полезного использования попутного газа 98,9 %.

Благодаря рациональному использованию ПНГ нефтегазовая отрасль сможет минимизировать воздействие на окружающую среду, что будет существенно способствовать достижению нулевого углеродного следа. Правильный подход к использованию ПНГ позволит улучшить геоэкологическую ситуацию в нефтедобывающих регионах.

#### Список источников

1. Ахметов Р. Ф., Сидоров Г. М., Вильданов Ф. Ш., Беркань В. О. Совершенствование процесса выделения бензиновых фракций из попутного нефтяного газа с применением эффекта Ранка-Хилша // Башкирский химический журнал. 2015. Т. 22, № 3. С. 73–78.
2. Картамышева Е. С. Иванченко Д. С. Попутный нефтяной газ и проблема его утилизации. Текст: непосредственный // Молодой учёный. 2017. № 25 (159). С. 120–124.
3. Кирюшин П. А., Книжников А. Ю., Кочи К. В., Пузанова Т. А., Уваров С. А. Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!» // Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России. Москва: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2013. 88 с.
4. Книжников А. Ю., Ильин А. М. Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России – 2017 // WWF России. Москва, 2017. 34 с.
5. Коржубаев А. Г., Савельева А. В., Ламерт Д. А. Попутный газ в России: проблемы и перспективы // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2012. № 5. С. 8–13.
6. Оздоева А. Х. Выбор технологий полезного использования попутного нефтяного газа на основе экономических оценок: дис. ... канд. эконом. наук. Москва, 2016. 170 с.
7. Проблема попутного газа // wwf.ru. URL: <https://wwf.ru/what-we-do/green-economy/the-problem-of-associated-gas/>.
8. Решение проблемы сжигания попутного нефтяного газа // Neftegas.ru. URL: <https://neftegaz.ru/amp/science/ecology/331519-reshenie-problemy-szhiganiya-poputnogo-neftyanogo-gaza/>.
9. Утилизация ПНГ // ПАО «Газпром». URL: <http://www.gazprom.ru/nature/associated-gas/> (дата обращения: 21.06.2022).
10. Экологические проблемы утилизации попутного нефтяного газа // Национальный Исследовательский Томский политехнический университет. URL: [https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/15645/1/conference\\_tpu-2015-C66-v2-019.pdf](https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/15645/1/conference_tpu-2015-C66-v2-019.pdf) (дата обращения 21.06.2022).
11. Юмаев М. М. Попутный нефтяной газ: методологические вопросы учета и использования фискального потенциала // Экономика. Налоги. Право. 2021. С. 130–140.

#### References

1. Akhmetov R. F., Sidorov G. M., Vildanov F. Sh., Berkan V. O. Improving the process of separating gasoline fractions from associated petroleum gas using the Rank-Hilsh effect. *Bashkir Chemical Journal*. 2015;22;3:73–78. (In Russ.).
2. Kartamysheva E. S., Ivanchenko D. S. Associated petroleum gas and the problem of its utilization. Text: direct. *Young scientist*. 2017;25(159):120–124. (In Russ.).
3. Kiryushin P. A., Knizhnikov A. Yu., Kochi K. V., Puzanova T. A., Uvarov S. A. Associated petroleum gas in Russia. *Analytical report on the economic and environmental costs of burning associated petroleum gas in Russia*. Moscow: World Wildlife Fund (WWF); 2013:88. (In Russ.).
4. Knizhnikov A. Yu., Ilyin A. M. Problems and prospects of using associated petroleum gas in Russia – 2017. WWF of Russia, Moscow; 2017:34. (In Russ.).
5. Korzhubaev A. G., Savelyeva A. V., Lamert D. A. Associated gas in Russia: problems and prospects. *Problems of economics and management of the oil and gas complex*. 2012;5:8–13. (In Russ.).
6. Ozdoeva A. H. The choice of technologies for the useful use of associated petroleum gas based on economic assessments: dis. ... candidate of Economics. Sciences. Moscow. 2016:170. (In Russ.).
7. The problem of associated gas // wwf.ru. URL: <https://wwf.ru/what-we-do/green-economy/the-problem-of-associated-gas/>.
8. Solving the problem of burning associated petroleum gas. Neftegaz.ru. URL: <https://neftegaz.ru/amp/science/ecology/331519-reshenie-problemy-szhiganiya-poputnogo-neftyanogo-gaza/>.
9. APG utilization. PJSC Gazprom. URL: <http://www.gazprom.ru/nature/associated-gas/> (accessed: 21.06.2022).
10. Environmental problems of associated petroleum gas utilization. National Research Tomsk Polytechnic University. URL: [https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/15645/1/conference\\_tpu-2015-C66-v2-019.pdf](https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/15645/1/conference_tpu-2015-C66-v2-019.pdf) (accessed 21.06.2022).
11. Yumaev M. M. Associated petroleum gas: methodological issues of accounting and use of fiscal potential. *Economy. Taxes. Right*. 2021:130–140 (In Russ.).

#### Информация об авторах

Глебова Л. В. – кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель;  
Шарипов Ф. А. – студент;  
Вобликова Е. Ю. – студент;  
Артамонов Д. С. – студент.

#### Information about the authors

Glebova L. V. – Candidate of Sciences (geology and mineralogy), senior lecturer;  
Sharipov F. A. – student;  
Voblikova E. Yu. – student;  
Artamonov D. 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 31.10.2022; одобрена после рецензирования 28.11.2022; принята к публикации 10.01.2023.

The article was submitted 31.10.2022; approved after reviewing 28.11.2022; accepted for publication 10.01.2023.

Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 147–154.  
Geology, geography and global energy. 2023;1(88):147–154. (In Russ.).

Научная статья  
УДК 339.97:502.7  
doi 10.54398/20776322\_2023\_1\_147

### КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КРАСНОДАРА

Донцова Ольга Леонидовна<sup>1✉</sup>, Панина Ольга Владимировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия  
<sup>1</sup>doncovaol@mail.ru✉  
<sup>2</sup>panina\_olga@inbox.ru

**Аннотация.** Наличие на территории г. Краснодара специфических грунтов серьёзно усложняет условия строительства. Лёссовидные суглинки, обладающие просадочными свойствами, распространены практически по всей территории города. Особое внимание при анализе уделялось мощности просадочной толщи, типу грунтовых условий и уровню подземных вод. С учётом этих характеристик территория была разбита на отдельные участки. Для каждого участка были даны рекомендации по строительству.

**Ключевые слова:** опасные процессы, лёссовидные суглинки, просадочные свойства, уровень грунтовых вод, изменение геологической среды и гидрогеологических условий, грунтовые условия, гранулометрический состав грунтов, понижение рельефа, надпойменные террасы, суффозионно-просадочные процессы

**Для цитирования:** Донцова О. Л., Панина О. В. Комплексный геоэкологический анализ проявления опасных процессов на территории города Краснодара // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 147–154. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_147](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_147).

### COMPREHENSIVE GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE MANIFESTATION OF HAZARDOUS PROCESSES IN THE TERRITORY CITIES OF KRASNODAR

Olga L. Dontsova<sup>1✉</sup>, Olga V. Panina<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Kuban State University, Krasnodar, Russia  
<sup>1</sup>doncovaol@mail.ru✉  
<sup>2</sup>panina\_olga@inbox.ru

**Abstract.** The presence of specific soils on the territory of the city of Krasnodar seriously complicates the construction conditions. Loess-like loams with subsidence properties are distributed almost throughout the city. Particular attention in the analysis was paid to the thickness of the subsidence formation, the type of ground conditions and the level of groundwater. Taking into account these characteristics, the territory was divided into separate sections. Recommendations on construction were given for each site.

**Keywords:** hazardous processes, loess-like loams, subsidence properties, groundwater level, changes in the geological environment and hydrogeological conditions, soil conditions, soil granulometric composition, relief depression, floodplain terraces, suffusion-subsidence processes

**For citation:** Dontsova O. L., Panina O. V. Comprehensive geocological analysis of the manifestation of hazardous processes on the territory of the city of Krasnodar. *Geology, geography and global energy*. 2023;1(88):147–154. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_1\\_147](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_1_147).

**Введение.** Актуальность изучения просадочных грунтов является приоритетным для территорий с широким распространением лёссовых грунтов и процессов подтопления, данная проблема является важной при проведении инженерно-геологических исследований и проектировании зданий и сооружений, ей посвящено большое количество работ авторов в России и зарубежом [1–5].

На территории г. Краснодара широко развиты опасные геологические и инженерно-геологические процессы такие как просадка и подтопление. Проявление этих процессов во многом связано с влиянием строительства на изменение геологической среды и гидрогеологических

условий, высокой концентрацией населения и наличием источников вредного воздействия на окружающую среду.

Занятая лёссовыми массивами, территория г. Краснодара интенсивно осваивается в процессе инженерной деятельности человека, что приводит к суммированию многих природных и техногенных факторов. Наличие многочисленных деформаций зданий и сооружений было выявлено при полевых обследованиях. Это объясняется различными причинами, но во многих случаях главной причиной развития деформаций сооружений являются просадочные явления в лёссовидных суглинках, которые существенно осложнили инженерно-геологические условия территории г. Краснодара.

#### Суффозионно-просадочные процессы

Просадочность – один из основных неблагоприятных физико-геологических процессов, развитых на территории г. Краснодара в отложениях делювиально-эоловой фации II и III надпойменной террас р. Кубань. Проявляется она неравномерно: обычно достигает максимумов у бровок террас и склонов долины р. Карасун, которая в настоящее время представлена цепью озёр, у эрозионных обрывов, т.е. где низкий уровень подземных вод и обеспечено постоянное дренирование территории.

Особенностью распределения просадочных грунтов в пределах каждой террасы является наличие блюдцеобразных понижений рельефа (западин). Большинство участков с понижениями рельефа (просадочные блюдца) отмечаются на II террасе – у подошвы склона III террасы. На III террасе – в северо-восточной и северной части города [6].

Блюдцеобразные понижения (просадочные блюдца) имеют размеры от нескольких метров до 100 и более в диаметре, с отметки дна на 0,5–0,6 м, реже до 1,0–1,5, ниже отметок окружающей территории. Их форма округлая или эллипсоидная. Грунты в них, как правило, более плотные и глинистые, чем просадочные грунты, просадка отсутствует или значительно ниже [7].

Мощность просадочных грунтов изменяется от 1–2 до 5–6 м, редко 7–9 м и более метров. Как исключение, просадочные грунты могут встретиться и на пойме – у подножия уступа II надпойменной террасы р. Кубань. Средние показатели физико-механических свойств лёссовидных суглинков г. Краснодар приведены в табл. 1. Территориальное распространение просадочных грунтов отображено на рис. 1.

Таблица 1 – Средние показатели физико-механических свойств лёссовидных суглинков г. Краснодар [8]

Глубина отбора, м	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	Объёмная масса		Природная влажность, W	Пористость п, %	Степень влажности, Sg	Пластичность			Коэффициент сжимаемости
		Природной влажности	Сухого грунта				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>f</sub>	
1,0-7,0	2,71	0,18	1,50	0,18	43,8	0,68	0,36	0,22	0,13	0,024

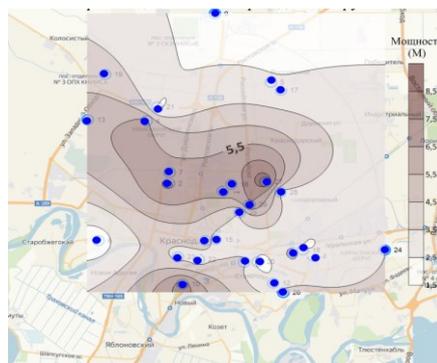


Рисунок 1 – Карта мощности толщи просадочных грунтов

Начальное просадочное давление составляет от 55 до 75 КПа для II надпойменной террасы и от 170 до 256 для III надпойменной террасы.

Гранулометрический состав лёссовых пород весьма различен: содержание песчаных частиц колеблется от 1,86 до 74,4 %, пылеватых – от 9,8 до 76,2 %, глинистых частиц – от 2,64 до 27,5 %.

Как известно, основными факторами просадочности являются минералогический и гранулометрический состав породы, её физико-механические свойства, химический состав и концентрация воздействующего на породу водного раствора. Процессу просадки подвержены практически

все лёссовые породы, однако, по величине объёмных деформаций лёссовидные суглинки значительно уступают типичным просадочным грунтам. Минералогический состав делювиально-эоловых грунтов г. Краснодара сравнительно стабилен, как видно в табл. 2. Основными породообразующими минералами песчаной и пылевой фракции грунтов является кварц и полевой шпат. Глинистая фракция суглинков характеризуется довольно постоянным гидрослюдисто-монтморилонитовым составом (табл. 2).

Таблица 2 – Минералогический состав лёссовых грунтов г. Краснодара [6]

Минералогический состав (в %)	Вторая надпойменная терраса	Третья надпойменная терраса
кварц	до 59	35–65
полевой шпат	до 12	до 12
кальцит	до 6	–
амфибол, гидромусковит, лимонит, магнетит	1	0,1
глауконит, единичные зерна граната, эпидота, рутила	незначительно	–
гидрохлорит	–	незначительно
глинистых минералов	до 30	до 30

В настоящее время актуальным является организация стационарных режимных наблюдений за проявлением просадочных процессов, основными задачами которых должны являться изучение и исследование:

- современных проявлений просадочных процессов и явлений путём визуальных и инструментальных исследований территории, а также технического состояния зданий и сооружений;
- изучение уровенного, химического и температурного режима подземных вод;
- относительного проседания поверхности земли на опасных и потенциально опасных участка проявления процесса на основе геодезических измерений.

На основании фактического материала комплексных режимных наблюдений должна быть создана электронная база данных просадочных проявлений. Режимные исследования позволят уточнить предположение о начале возможной активизации данного процесса. Вся информация, полученная в результате проведения комплексных наблюдений необходима для составления региональных и локальных прогнозов развития просадочных процессов.

В настоящее время под влиянием техногенеза произошло повышение интенсивности инфильтрации воды в грунт и его влажности. Коэффициенты фильтрации лёссовых суглинков 1–2 м/сут, поэтому просадки распространены повсеместно на террасах р. Кубань. Так, на территории г. Краснодара на III надпойменной террасе они занимают около 70 %, на II надпойменной террасе – около 60 % [8].

Одним из важных составляющих режимных наблюдений должны стать режимные наблюдения за техническим состоянием подземных водонесущих коммуникаций, интенсивное поступление воды из которых в лёссовые породы является главным фактором процесса просадки. Анализ технического состояния водонесущих коммуникаций показал, что на территории г. Краснодара изношенность водопроводной сети составляет 76,9 %, а канализационной – 65,5 % [9]. В связи со значительным износом сетей существует вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с порывами трубопроводов, что приведёт к дополнительному увлажнению грунта, активизации суффозионно-просадочных явлений.

#### **Просадочные процессы и режим грунтовых вод**

Просадочный процесс, происходящий при замачивании лёссовых грунтов, приводит к деформации, величина которой меньше величины потенциальной просадочности, т.е. просадочный потенциал реализуется не полностью. Нереализованная деформация может развиваться в результате различных внешних воздействий, за счёт природного и техногенного изменения уровня грунтовых вод.

Ввиду наличия в разрезе просадочных толщ огромное значение имеет фактор подтопления, что приводит к изменению геологической среды и просадкам зданий и сооружений на территории г. Краснодара.

Процесс подтопления широко распространён на территории города. Главными причинами подтопления являются:

- 1) подпор уровня грунтовых вод Краснодарским водохранилищем;

- 2) заиливание Карасунских озёр, которые служат зоной разгрузки подземных вод;
- 3) утечки из водонесущих коммуникаций и водосодержащих ёмкостей.

Территорию г. Краснодара условно можно разделить на 2 зоны влияния процессов подтопления.

На территории первой зоны находится в основном селитебная застройка города, но также присутствуют старые промышленные объекты, многие из которых к настоящему моменту превращаются в территории жилой застройки (Хладокомбинат, Мясокомбинат). Это старая часть города, большая часть сооружений здесь строились в XX веке. В основном получили распространение частные малоэтажные дома и многоквартирные дома этажностью до 5–6 этажей. Также с каждым годом растёт доля новых многоэтажных домов в центральной части города, которые зачастую строятся на месте старых сооружений. В настоящее время процент новой застройки пока ещё, не высок. Вследствие невысокой этажности сооружений в большинстве случаев применялись фундаменты мелкого заложения, для частных домов это ленточный или столбчатый, для многоквартирных домов плитные и столбчатые.

Вторая зона – новая территория освоения и расширения города. Активная застройка началась в начале XXI в. То, что застройка этой части города началась совсем недавно, обуславливает нахождение на ней большого количества новых микрорайонов города, с многоквартирной и многоэтажной застройкой. На современных сооружениях распространены фундаменты глубокого заложения плитные, свайные и комбинированные.

#### **Оценка уязвимости застроенных территорий**

Оценка уязвимости застроенных территорий г. Краснодара позволяет определить опасность процессов подтопления. Во многом это связано с особенностями самой территории, её функциональным назначением, способностью объектов на данной территории реагировать на негативное развитие процессов подтопления, восприимчивой к опасному воздействию подтопления.

По степени опасности развития процесса подтопления 2 зоны на территории г. Краснодара необходимо рассмотреть по геоморфологическому, геологическому и гидрогеологическому признаку.

Первая зона с большой степени опасности процесса подтопления. К этой зоне относится большая часть территории города, которая находится в черте II и III надпойменных террас р. Кубань.

Гидрогеологические условия 1 зоны характеризуются как сложные. Уровень грунтовых вод может колебаться от 1 до 7 м. Химический состав отличается большим разнообразием. Нередко встречаются воды с сульфатной агрессивностью к железобетонным конструкциям, такая вода может быть в местах нахождения бывших промышленных зон и заводов города.

Геологические условия района определяют показатель опасности подтопления. На II надпойменной террасе широко распространены лёссовые, просадочные грунты, которые при повышенном увлажнении значительно меняют свои физико-механические свойства.

Степень уязвимости первой зоны, очень высокая, так как процесс подтопления будет оказывать существенное влияние на существующие инженерные сооружения. Коэффициент опасности процесса подтопления будет высок, так как степень опасности и уязвимости территории будет достигать больших значений.

К второй зоне относится территория III надпойменной террасы г. Краснодар.

Гидрогеологические условия второй зоны не отличаются высокой сложностью. Нередко грунтовые воды залегают на глубине свыше 12 м. В основном же уровень грунтовых вод колеблется на уровне 7–12 м. химический состав вод однообразен в основном встречаются гидрокарбонатные воды, не обладающие высоким агрессивным воздействием на железо и бетон.

Немного увеличивают степень уязвимости геологические условия. На 2 зоне в большом количестве встречаются просадочные грунты, мощность толщи которых может достигать 10 м.

Степень уязвимости 2 зоны не высокая, так как процесс подтопления не будет оказывать существенное влияние на существующие инженерные сооружения. Показатель опасности подтопления для 2 зоне будет не высоким. Коэффициент опасности процесса подтопления будет не высок, так как степень опасности и уязвимости территории будет не достигать больших значений.

Влияние природных условий на показатели восприимчивости и уязвимости территории приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели восприимчивости и уязвимости территории для 1 и 2 зоны

<b>Показатели восприимчивости территории</b>		
Показатели восприимчивости	1 зона	2 зона
1 – уровень грунтовых вод	3 балла – большая степень опасности	1 балл – малая степень опасности
2 – химический состав воды	3 балла – большая степень опасности	2 балла – средняя степень опасности
3 – физико-механические свойства грунта	3 балла – большая степень опасности	3 балла – большая степень опасности
Сумма	9 баллов	6 баллов
<b>Показатели уязвимости территории</b>		
Показатели уязвимости	1 зона	2 зона
этажность застройки (номер 1)	2 балла – малая степень опасности	3 балла – большая степень опасности
степень освоения подземного пространства (номер 2)	3 балла – большая степень опасности	2 балла – средняя степень опасности
степень амортизации (износа) объекта (номер 3)	3 балла – большая степень опасности	1 балл – малая степень опасности
типа фундамента (номер 4)	3 балла – большая степень опасности	1 балл – малая степень опасности
Сумма	11 баллов	7 баллов

Чтобы оценить возможность замачивания лёссовых пород, необходимо учесть прогнозный уровень грунтовых вод и сопоставить его с подошвой залегания просадочной толщи. Тогда наглядно будут видны потенциальные области замачивания. Для этого были построены карты прогнозного уровня грунтовых вод (рис. 2) и подошвы залегания толщи просадочных грунтов (рис. 3).

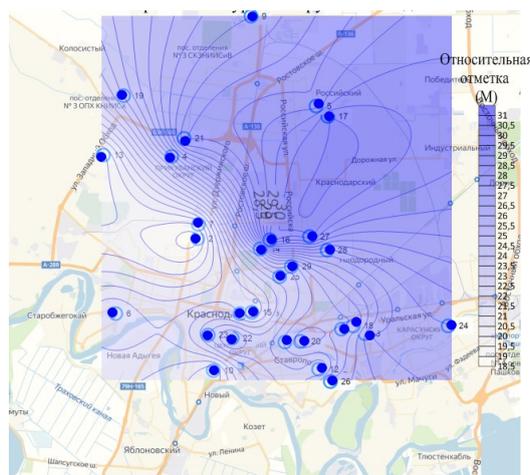


Рисунок 2 – Прогнозный уровень грунтовых вод

Проанализировав карту прогнозного уровня грунтовых вод, следует отметить закономерность практически равномерного подъёма уровня по направлению к северо-восточной части города. Максимальной отметке соответствует значение 31 м, минимальной – 18,5 м. Скорее всего, это связано с уменьшением относительных отметок поверхности при приближении к руслу р. Кубань.

Исходя из анализа карты глубины залегания подошвы просадочных грунтов, необходимо отметить схожесть изменения относительных отметок кровли с изменением относительных отметок прогнозного уровня грунтовых вод. Здесь также заметно практически равномерное повышение относительных отметок подошвы по направлению к северо-востоку. Это объясняется строением надпойменных террас, отложения которых понижаются ближе к руслу р. Кубань. Максимальной отметке соответствует значение 31,5 м, минимальной – 19,5 м [10].

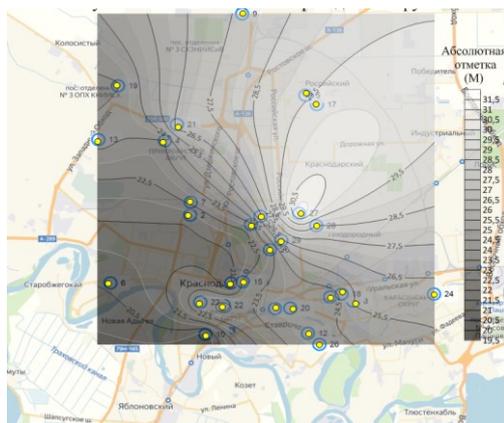


Рисунок 3 – Глубина залегания подошвы просадочных грунтов

Сопоставив обе карты, следует сделать вывод, что почти на всей исследуемой территории большая вероятность замачивания грунтов.

Для типизации территории необходимо учесть влияние всех характеристик, определяющих просадочные свойства. Основу принципа выделения различных типов участков для строительства, является мощность просадочной толщи и тип грунтовых условий. Грунты мощностью до 2,5 м практически не оказывают влияние на строительство, так как они в основном прорезаются фундаментом на всю глубину, мощностью до 5 м оказывают влияние, в таком случае актуально устройство грунтовых подушек, а более 5 м оказывают существенное влияние, так как приходится использовать дорогостоящие методы закрепления, например, устройство свайного фундамента.

Для типизации участков была выбрана градация:

- благоприятные участки для строительства (зелёный цвет);
- умеренно благоприятные участки для строительства (оранжевый цвет);
- неблагоприятные участки для строительства (красный цвет).

Благоприятным участкам для строительства соответствует наличие мощности просадочных грунтов не превышающей 2,5 м, вне зависимости от типа грунтовых условий.

К умеренно благоприятным участкам соответствует мощность просадочных грунтов не более 5 м, так же в независимости от типа грунтовых условий, сюда можно ещё отнести грунты I типа, мощностью просадочных грунтов более 5 м, но где глубина сжимаемой толщи не превышает 3 м.

К сложным в разработке участкам относятся грунты II типа мощностью более 5 м.

Согласно этому принципу была построена карта участков для строительства представленная на рис. 4.

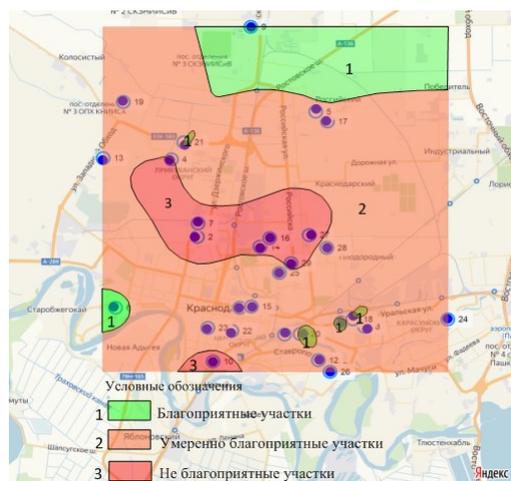


Рисунок 4 – Типизация участков строительства территории г. Краснодара

Для каждого участка присущи свои особенные характеристики, что отображается в табл. 3.

Таблица 3 – Характеристика участков по совокупности просадочных свойств

№ участка	Тип грунтовых условий	Мощность Просадочных грунтов	Вероятность замачивания	Благоприятность в освоении
1	I	до 2,5 м	присутствует	благоприятные
2	I	от 2,5 до 5м	присутствует	умеренно благоприятные
3	I, II	более 5 м	присутствует	не благоприятные

**Заключение.** Наиболее важным инженерно-геологическим компонентом, оказывающим влияние на строительство многоэтажных жилых зданий, является наличие на территории г. Краснодара специфических грунтов, а именно просадочных. На территории г. Краснодара просадочными свойствами обладают лёссовые грунты, которые приурочены к II и III надпойменным террасам р. Кубань. Лёссовидные суглинки, обладающие просадочными свойствами, распространены практически по всей территории города. Особое внимание при анализе уделялось мощности просадочной толщи, типу грунтовых условий и уровню подземных вод. С учетом этих характеристик территория была разбита на отдельные участки. Для каждого участка были даны рекомендации по строительству.

Недооценка просадочных свойств грунтов, невыполнение мероприятий по устранению просадочности может повлечь за собой серьёзные последствия. В результате неравномерных осадков в конструкциях зданий накапливаются напряжения, которые приводят к деформациям. Могут возникнуть трещины, а также крены и различные деформационные изменения зданий. В некоторых случаях это приводит к разрушению сооружений.

#### Список источников

1. Трофимов В. Т. Генезис просадочности лёссовых пород. Москва: Изд-во МГУ, 1999. 272 с.
2. Zhang F., Wang G., Allen M., and Xu Y. Editorial: Multidisciplinary Loess Geohazard Investigations // *Frontier Earth Science*, 16 May, 2022
3. Dijkstra T. A., Smalley I. J. & Rogers C.D.F. Particle packing in loess deposits and the problem of structure collapse and hydroconsolidation. // *Engineering Geology*. 1995. № 40. P. 49–64.
4. Tabarsa A., Meehan C. L., Kalehiwot Nega Manahiloh Laboratory investigation and field evaluation of loess improvement using nanoclay – A sustainable material for construction // *Construction and Building Materials* January, 2018. P. 454–463.
5. Feng S., Mi Z., Shen Y., Li L. Elimination of loess subsidence with application to construction and tolerable waste during dynamic compaction. *Environmental, Earth Sciences*. May 2014. № 73 (9). P 5317–5332.
6. Востриков Н. Г., Антошкина Е. В. Суффозионно-просадочные процессы города Краснодара // *Геология, география и глобальная энергия*. Научно-технический журнал. Астрахань, Издательский дом «Астраханский университет». 2012. № 3 (46). С. 87–91.
7. Востриков, Н. Г. Распространение и особенности лёссовых пород на равнинной части Краснодарского края // *Географические исследования Краснодарского края*. Краснодар, КубГУ. 2009. Вып. 4. С. 54–58.
8. Антошкина Е. В. Эколого-геоморфологическая оценка городских территорий на юге России: На примере г. Краснодара: диссертация ... кандидата географических наук: 25.00.25. Краснодар, 2002. 260 с.
9. Востриков Н. Г., Антошкина Е. В., Максимов Д. В. Геоэкологические последствия просадочно-суффозионных процессов // *Инженерный вестник Дона – Северо-Кавказский научный центр высшей школы Южного федерального университета*. Ростов-на Дону, 2012. № 4–2 (23). С. 59–69.
10. Панина О. В., Донцова О. Л., Махова С. И. Анализ эффективности метода определения показателей просадочности грунтов по физическим свойствам на территории г. Краснодара // *Вестник ВолгГАСУ. Серия: строительство и архитектура – Волгоградский технический университет*. Волгоград, 2022. № 4 (89). С. 44–55.

#### References

1. Trofimov V. T. Genesis of subsidence of loess rocks. Moscow: Publishing House of Moscow State University. 1999:272. (In Russ.).
2. Zhang F., Wang G., Allen M., and Xu Y. Editorial: Multidisciplinary Loess Geohazard Investigations. *Frontier Earth Science*, 16 May, 2022.
3. Dijkstra T. A., Smalley I. J. & Rogers C.D.F. Particle packing in loess deposits and the problem of structure collapse and hydroconsolidation. *Engineering Geology*, 1995;40:49–64.

4. Tabarsa A., Meehan C. L., Kalehiwot Nega Manahiloh Laboratory investigation and field evaluation of loess improvement using nanoclay – A sustainable material for construction. *Construction and Building Materials* January 2018. P. 454–463.

5. Feng S., Mi Z., Shen Y., Li L. Elimination of loess subsidence with application to construction and tolerable waste during dynamic compaction. *Environmental, Earth Sciences*. May 2014, 73 (9):5317–5332.

6. Vostrikov N. G., Antoshkina E. V. Suffusion-subsidence processes of the city of Krasnodar. *Geology, geography and global energy. Scientific and technical journal*. Astrakhan, Astrakhan University Publishing House. 2012;3(46):87–91. (In Russ.).

7. Vostrikov N. G. Distribution and features of loess rocks on the flat part of the Krasnodar Territory. *Geographical research of the Krasnodar Territory*. Krasnodar, KubGU. 2009;4:54–58. (In Russ.)

8. Antoshkina E. V. Ecological and geomorphological assessment of urban areas in the south of Russia: On the example of the city of Krasnodar: dissertation ... candidate of geographical sciences: 25.00.25. Krasnodar. 2002:260. (In Russ.).

9. Vostrikov N. G. Antoshkina E. V., Maksimov D. V. Geocological consequences of subsidence-suffusion processes. *Engineering Bulletin of the Don – North Caucasian Scientific Center of the Higher School of the Southern Federal University*. Rostov-on-Don. 2012;4–2(23):59–69. (In Russ.).

10. Panina O. V. Dontsova O. L., Makhova S. I. Analysis of the effectiveness of the method for determining the indicators of subsidence of soils by physical properties in the territory of Krasnodar. *Vestnik VolgGASU. Series: construction and architecture*. Volgograd Technical University. Volgograd. 2022;4(89):44–55. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Донцова О. Л. – кандидат географических наук, доцент;

Панина О. В. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент;

#### Information about the authors

Dontsova O. L. – Candidate of Sciences (geography), associate professor

Panina O. V. – Candidate of Sciences (geology and mineralogy), 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 20.12.2022; одобрена после рецензирования 30.01.2023; принята к публикации 10.02.2023.

The article was submitted 20.12.2022; approved after reviewing 30.01.2023; accepted for publication 10.02.2023.

## АННОТАЦИЯ

---

Геохимический состав и свойства нефтегазоконденсатного месторождения имени Ю. Корчагина. Решение проблемы пробкового режима в мультифазном трубопроводе на примере месторождения имени В. Филановского. Применение наночастиц при разработке месторождений с высоковязкими нефтями для повышения нефтеотдачи. Минералого-геохимические особенности коры выветривания гранитоидов восточного Оренбуржья. Способ повышения энергоэффективности модернизированной конструкции системы охлаждения попутного нефтяного газа. Цикличность осадконакопления в пределах Северного Каспия. Вертикальная гидрогеохимическая зональность – ключ к определению перспектив нефтегазоносности на примере платформенных районов Оренбуржья. Гидрохимические особенности состава пластовых вод соленой формации юго-западной части Прикаспия. Гидрогеологические особенности недостаточно изученной центральной части территории Оренбуржья. Гидрогеологические особенности проектирования методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях Западной Сибири. Современные аспекты развития водной рекреации и туризма на территории Прикаспия. Опыт кластерного анализа снимков в тепловом инфракрасном диапазоне. Эффективность вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения. Геоэкологическая оценка воздействия инженерно-геологических изысканий на биологическую среду в районе нефтегазового участка «Женис» шельфовой зоны Каспия. Микромасштабная модель переноса вредных примесей в условиях застройки различной плотности. Особенности воздействия процесса загрязнения на почвенный покров урбанизированных территорий Юга России. Исследования водоохранной зоны реки Инсар. Оценка применения наилучших доступных экологических технологий в условиях сложившейся окружающей природной среды в Карагандинской области Республики Казахстан. Геоэкология береговой линии Волгограда. Экологические проблемы сжигания попутного нефтяного газа. Комплексный геоэкологический анализ проявления опасных процессов на территории города Краснодара.

Материалы представляют интерес для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям Науки о Земле, для преподавателей ВУЗов, а так же для работников производственных организаций топливно-энергетического комплекса, экологического направления, геологоразведочных предприятий.

### ABSTRACT

Geochemical composition and properties of the Y. Korchagin oil and gas condensate field. Solving the problem of the cork regime in a multiphase pipeline on the example of the V. Filanovsky field. Application of nanoparticles in the development of deposits with high-viscosity oils to increase oil recovery. Mineralogical and geochemical features of the weathering crust of granitoids of the Eastern Orenburg region. Method for improving the energy efficiency of the upgraded design of the associated petroleum gas cooling system. Cyclical sedimentation within the Northern Caspian. Vertical hydrogeochemical zoning is the key to determining the prospects for oil and gas potential on the example of the platform regions of the Orenburg region. Hydrochemical characteristics of the brines composition in the saline formation of the Pre-Caspian southwestern part. Hydrogeological features of the insufficiently studied central part of the territory of Orenburg region. Hydrogeological features of designing methods for enhanced oil recovery in the fields of Western Siberia. Modern aspects of the development of water recreation and tourism in the Caspian region. Experience in cluster analysis of images in the thermal infrared range. Efficiency of involvement in the turnover of agricultural land. Geoecological assessment of the impact of engineering and geological surveys on the biological environment in the area of the Zhenis oil and gas section of the Caspian shelf zone. Micromastable model of transport of harmful impurities in the conditions of buildings of different densities. Features of the impact of the pollution process on the soil cover of the urbanized territories of the South of Russia. Studies of the water protection zone of the Insar river. Assessment of the use of the best available environmental technologies in the conditions of the current natural environment in the Karaganda region of the Republic of Kazakhstan. Geoecology of the Volga coastline in Volgograd. Environmental problems of associated petroleum gas combustion. Comprehensive geoecological analysis of the manifestation of hazardous processes on the territory of the city of Krasnodar.

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 (геологоминералогические 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 (геологоминералогические науки);*

*1.6.21. Геоэкология (географические науки);*

*1.6.21. Геоэкология (геологоминералогические 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](mailto: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, предвзятыми 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 источников» 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

<http://doi.org/10.26794/2587-5671-2020-24-3-81-91>

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 работающие!

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 ее отсутствия – Times New Roman. Поля документа: левое – 2 см, остальные – 1,5 см. Кегль 10, одинарный интервал. Абзацный отступ 0,75. Страницы нумеруются. Не допускаются пробелы между абзацами.

2. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все сокращения в тексте, рисунках, таблицах должны быть расшифрованы.

3. Формулы должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation и пронумерованы, если в тексте имеются ссылки на них. При наборе формул и текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры – прямым шрифтом. Кегль шрифта в формулах должен совпадать с кеглем шрифта основного текста. Тригонометрические знаки (sin, cos, tg, arcsin и т. д.), знаки гиперболических функций (sh, ch, th, cth и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (lim, 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](mailto: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](mailto:Lunin_ls@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлена динамика урожайности зерна кукурузы в России и в Ростовской 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](mailto: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 источников

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](mailto: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. № 1 (88)

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, 20

Адрес издателя:

Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Издание включено в Интернет-каталог  
ООО «Агентство «Книга-Сервис» 2023/1

**Главный редактор –  
доктор географических наук А. Н. Бармин  
Ответственный секретарь – Д. А. Бычкова**

Техническое редактирование, верстка *А. М. Докужиной*

Дата выхода в свет 30.03.2023 г.

Цена свободная

Заказ № 4503. Тираж 500 экз. (первый завод – 22 экз.)

Уч.-изд. л. 12,0. Усл. печ. л. 16,8

---

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](mailto: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](mailto:a-d-t@mail.ru)